



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

RAPORTEJA
RAPPORTER
REPORTS
2020:4

DIREKTIIVIN 2004/107/EY MUKAISEN ILMANLAADUN SEURANNAN TULOSTEN OIKEELLISUUDEN VARMISTAMINEN 2019–2020 (DIRME2019)

KATRIINA KYLLÖNEN
KARRI SAARNIO
ULLA MAKKONEN
HEIDI HELLÉN

Direktiivin 2004/107/EY mukaisen ilmanlaadun seurannan tulosten
oikeellisuuden varmistaminen 2019-2020 (DIRME2019)

Katriina Kyllönen
Karri Saarnio
Ulla Makkonen
Heidi Hellén

Ilmatieteen laitos
Meteorologiska Institutet
Finnish Meteorological Institute

Helsinki 2020

ISBN: 978-952-336-125-6 (pdf)

ISSN: 0782-6079

Helsinki 2020



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Julkaisija

Ilmatieteen laitos

Erik Palménin aukio 1

PL 503, 00101 Helsinki

Julkaisun sarja, numero ja raporttikoodi:

Raportteja-Rapporter-Reports 2020:4

Julkaisuaika: Joulukuu 2020

Tekijä(t)

Katriina Kyllönen, Karri Saarnio, Ulla Makkonen ja Heidi Hellén

Nimeke

Direktiivin 2004/107/EY mukaisen ilmanlaadun seurannan tulosten oikeellisuuden varmistaminen 2019-2020 (DIRME2019)

Tiivistelmä

Kansallinen ilmanlaadun vertailulaboratorio arvioi tässä hankkeessa ensimmäisen kerran käynnissä olevien ilmanlaadun polyaromaattisten hiilivety- (PAH) ja metallimittausten tulosten oikeellisuutta ja käytettyjä laadunvarmennuskeinoja Suomessa. Hanke kokosi yhteen tiedot direktiivin 2004/107/EY mukaisesta ilmanlaadun seurannasta Suomessa 2000-luvulla. Arvioinnin kohteena oli erityisesti bentso(a)pyreeni ja muut PAH-yhdisteet sekä arseeni, kadmium ja nikkeli PM₁₀:ssä ja laskeumassa. Lisäksi hankkeessa arvioitiin lyijyn ja muiden metallien PM₁₀- ja laskeumamittauksia, kaasumaisen elohopean ja elohopealaskemuksen mittauksia sekä lyhyesti muita Suomessa tehtyjä harvinaisempia ilmanlaadun mittauksia kuten haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) ja PM_{2,5}-hiukkasten kemiallisen koostumuksen mittauksia.

Hankkeessa suoritettiin metalli- ja PAH-mittausten auditointeja mittauksia toteuttaviin verkkoihin sekä niiden käyttämiin analyysilaboratorioihin. Muiden mittausten osalta arviointi tehtiin suppeasti haastattelujen ja erilaisten saatavilla olevien ilmanlaaturaporttien avulla. Toteutuneita mittauksia selvitettiin myös ilmanlaadun tietojärjestelmästä sekä käyttämällä apuna ilmanlaadun mittausverkkojen asiantuntemusta ja julkaisuja, sillä kaikkia hankkeen aiheeseen liittyviä mittauksia ei ole raportoitu tietojärjestelmään.

Auditointeihin osallistui kaikki seitsemän ilmanlaadun metalli- ja PAH-mittauksia vuosina 2019–2020 suorittavaa mittausverkkoa Suomessa. Auditointeja suoritettiin 11 asemalla, kun kyseisiä mittauksia suoritettiin yhteensä 22 asemalla, ja kuudessa laboratoriossa. Isojen mittausverkkojen osalta valittiin yksi asema edustamaan verkon toimintaa. Auditoinnilla saatiin tietoa metalli- ja PAH-mittausten vaatimustenmukaisuudesta verrattuna ilmanlaatuasetuksiin ja eurooppalaisiin EN-menetelmästandardeihin. Samalla saatiin yleistä tietoa mittausten suorittamisesta, käytetyistä mittalaitteista ja laadunvarmistusmenettelyistä. Laboratorioauditointien tulokset ovat luottamuksellisia, mutta raportissa on esitetty yleisiä havaintoja auditoinneista, ja mittaajat ovat saaneet tiedon auditointien tuloksista laboratorioden luvalla.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että käytetyt mittausmenetelmät olivat pääosin referenssimenetelmiä. Kenttätoiminnassa oli siirrytty käyttämään referenssimenetelmiä, joskin ennen vuotta 2018 kolmella verkolla on ollut käytössä muita menetelmiä, jotka ovat voineet aliarvioida pitoisuuksia. Näiden mittausten osalta aiempia mittauksia käsiteltäessä on huomioitava, että mittauksien tulokset eivät ole vertailukelpoisia referenssimenetelmään. Laboratoriomääritykset oli suoritettu referenssimenetelmällä kahta poikkeusta lukuun ottamatta, joista toinen oli tehty hyväksyttävästi ekvivalentilla menetelmällä ja toisen osalta suositeltiin siirtymistä referenssimenetelmään, mikä toteutui heti 2020 alusta. Joissain tuoreissa mittauksissa laadunvarmistustoiminta ei ollut vielä vakiintunutta. Osa mittausverkoista käytti konsulttia huolto- ja kalibrointitöihin, ja näiden osalta verkko ei ollut aina itse tietoinen tehtävistä toimenpiteistä. EN-menetelmästandardeja noudatettiin mittausverkoissa pääosin hyvin. Virtauksen tarkistuksesta 3 kk välein poikettiin kaikissa verkoissa, ja sen osalta esitettiin parannusehdotuksia useille verkoille. Mittausepävarmuusarvioiden laskentatapa on syytä kehittää mittausverkoissa.

Kunhan mittausverkot ottavat käyttöönsä auditoinneissa esitetyt parannusehdotukset, voidaan katsoa, että mittauksia suoritetaan riittävässä määrin EN-menetelmästandardien mukaan. Selviä tuloksen oikeellisuuteen vaikuttavia tekijöitä ei kenttätoiminnassa havaittu auditoinnin aikana. Sama pätee laboratorioanalyysijä vuonna 2020. Yhden suuntaa-antavia mittauksia suorittavan verkon osalta mittauksia on ollut yli tavoitearvojen, ja mittausten ajallista kattavuutta olisi syytä nostaa.

Julkaisijayksikkö:

Ilmakehän koostumuksen tutkimus

Luokitus (UDK):

502.3:613.15, 001.891.7, 542.2

Asiasanat: ilmanlaatu, PAH-yhdisteet, raskasmetallit,

jäljitettävyyden, kenttäauditointi, laboratorioauditointi, laatu

ISSN ja avainnimeke:

0782-6079, Raportteja-Rapporter-Reports

ISBN:

978-952-336-125-6

DOI:

<https://doi.org/10.35614/isbn.9789523361256>

Kieli: suomi

Sivumäärä: 49



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Published by **Finnish Meteorological Institute**
Erik Palménin aukio 1, P.O. Box 503
FIN-00101 Helsinki, Finland

Series title, number and report code of publication:
Raportteja-Rapporter-Reports 2020:4
Date: December 2020

Author(s)

Katriina Kyllönen, Karri Saarnio, Ulla Makkonen and Heidi Hellén

Title

Verification of the validity of air quality measurements related to the Directive 2004/107/EC in 2019-2020 (DIRME2019)

Abstract

This project summarizes the results from 2000–2020 and evaluates the trueness and the quality control (QC) procedures of the ongoing polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) and trace element measurements in Finland relating to Air Quality (AQ) Directive 2004/107/EC. The evaluation was focused on benzo(a)pyrene and other PAH compounds as well as arsenic, cadmium and nickel in PM₁₀ and deposition. Additionally, it included lead and other metals in PM₁₀ and deposition, gaseous mercury and mercury deposition, and briefly other specific AQ measurements such as volatile organic compounds (VOC) and PM_{2.5} chemical composition. This project was conducted by the National Reference Laboratory on air quality and this was the first time these measurements were assessed.

A major part of the project was field and laboratory audits of the ongoing PAH and metal measurements. Other measurements were briefly evaluated through interviews and available literature. In addition, the national AQ database, the expertise of local measurement networks and related publications were utilised.

In total, all the seven measurement networks performing PAH and metal measurements in 2019–2020 took part in the audits. Eleven stations were audited while these measurements are performed at 22 AQ stations in Finland. For the large networks, one station was chosen to represent the performance of the network. The audits included also six laboratories performing the analysis of the collected samples. The audits revealed the compliance of the measurements with the AQ Decree 113/2017, Directive 2004/107/EC and Standards of the European Committee for Standardization (CEN). In addition, general information of the measurements, instruments and quality control procedures were gained. The results of the laboratory audits were confidential, but this report includes general findings, and the measurement networks were informed on the audit results with the permission of the participating laboratories.

As a conclusion, the measurement methods used were mainly reference methods. Currently, all sampling methods were reference methods; however, before 2018 three networks used other methods that may have underestimated concentrations. Regarding these measurements, it should be noted the results are not comparable with the reference method. Laboratory methods were reference methods excluding two cases, where the first was considered an acceptable equivalent method. For the other, a change to a reference method was strongly recommended and this realized in 2020. For some new measurements, the ongoing QC procedures were not yet fully established, and advice were given. Some networks used consultant for calibration and maintenance, and thus they were not fully aware of the QC procedures. EN Standards were mostly followed. Main concerns were related to the checks of flow and calculation of measurement uncertainty, and suggestions for improvement were given.

When the measurement networks implement the recommendations given in the audits, it can be concluded that the EN Standards are adequately followed in the networks. In the ongoing sampling, clear factors risking the trueness of the result were not found. This applies also for the laboratory analyses in 2020. One network had concentrations above the target value, and the indicative measurements should be updated to fixed measurements.

Publishing unit:
Atmospheric Composition Research

Classification (UDC):
502.3:613.15, 001.891.7, 542.2

Keywords: air quality, PAH compounds, heavy metals,
traceability, field audit, laboratory audit, quality management

ISSN and series title:
0782-6079, Raportteja-Rapporter-Reports

ISBN:
978-952-336-125-6

DOI:
<https://doi.org/10.35614/isbn.9789523361256>

Language: Finnish
Pages: 49

SISÄLLYSLUETTELO

ESIPUHE	6
1. JOHDANTO	7
2. YLEISTÄ MITTAUKSISTA	9
2.1 Ilmanlaadun seuranta Suomessa liittyen PAH-yhdisteisiin, metalleihin ja muihin erityismittauksiin	9
2.2 Lainsäädäntö ja vertailumenetelmät	11
2.3 Ilman epäpuhtauksien päästöt	14
2.5 Mittausten raportointi	18
3. MENETELMÄT JA TOTEUTUS	18
3.1 Osallistujat	18
3.2 Auditoinnit	19
4. KENTTÄAUDITOINTIEN TULOKSET	20
4.1 Yleiset tulokset	20
4.2 Kenttämittaukset ja niiden laadunvarmistustoimenpiteet	22
4.2.1 Raskasmetallien ja PAH-yhdisteiden PM ₁₀ -mittaukset	23
4.2.2 Muut mittaukset (laskeuma ja elohopea)	25
4.2.3 Muut ei-auditoidut mittaukset	25
4.3 Johtopäätökset kenttäauditoinnin tuloksista	27
5. LABORATORIOAUDITOINTIEN TULOKSET	27
6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	29
7. LIITTEET	31
8. VIITTEET	32
LIITE 1. AUDITOINTIIN OSALLISTUNEET MITTAUSVERKOT	34
LIITE 2. KIRJALLISUUSKATSAUS	35
LIITE 3. VERTAILUMENETELMÄT	37
LIITE 4. HANKKEESSA KÄYTETTY AUDITOINTILOMAKE	39
LIITE 5. HAVAINTORAJAN JA MITTAUSEPÄVARMUUDEN SELITYS	49

ESIPUHE

Tämä on ympäristönsuojelulain 527/2014 25 §:n mukaisesti nimetyn ilmanlaadun kansallisen vertailulaboratorion valmisteleva raportti, joka sisältää vuosina 2019–2020 suoritettua hankkeen ”Direktiivin 2004/107/EY mukaisen ilmanlaadun seurannan tulosten oikeellisuuden varmistaminen (DIRME2019)” tulokset. Hankkeen tarkoitus oli arvioida ensimmäisen kerran käynnissä olevien ilmanlaadun PAH- ja metallimittausten tulosten oikeellisuus ja käytetyt laadunvarmennuskeinot suorittamalla auditointeja mittauksia suorittaviin verkkoihin sekä niiden käyttämiin analyysilaboratorioihin. Samalla hanke kokosi yhteen tiedot kyseisen direktiivin mukaisesta ilmanlaadun seurannasta Suomessa. Hankkeessa käsiteltiin lyhyesti myös muita Suomessa tehtyjä harvinaisempia ilmanlaadun mittauksia kuten VOC-mittauksia ja PM_{2,5}-hiukkasten kemiallisen koostumuksen mittauksia, joissa jatkuvatoimisten mittausten lisäksi seuranta voidaan suorittaa keräinmenetelmää ja laboratorioanalyysiä käyttäen.

Kiitämme kaikkia auditointeihin osallistuneita mittausverkkojen ja laboratorioiden edustajia hyvästä yhteistyöstä ja avusta sekä saadusta palautteesta. Tässä raportissa esitetyt mittaukset ovat harvinaisempia ja niihin liittyy laboratoriotoimintaa, joka ei ole perinteistä mittausverkkojen toimintaa. Toivomme, että laboratorioauditointien myötä mittaaajat hyötyivät saadusta informaatiosta ja laboratoriokäynneistä, joka edelleen tukee mittausverkkojen toimintaa.

Pitoisuuskuvista ja mittaustiedoista kiitämme Kaisa Korpea. Raportin tarkastusvaiheessa saaduista kommentteista kiitämme Tarja Lahtista, Pia Anttilaa ja Helena Saarta.

Tekijät

1. JOHDANTO

Suomessa tehdään ilmanlaadun seuranta yli 100 mittausasemalla noin 30 mittausverkon toimesta. Valtaosa mittauksista tehdään jatkuvatoimisesti automaattisilla analysaattoreilla, ja näitä ovat muun muassa rikkidioksidin, typen oksidien, otsonin sekä PM₁₀- ja PM_{2,5}-hiukkasmassan mittaukset. Ilmatieteen laitoksen ilmanlaadun kansallinen vertailulaboratorio on varmentanut näiden mittauksen oikeellisuutta määräjain suoritetuilla vertailu- ja ekvivalenttisuusmittauksilla sekä laatu järjestelmien ja kenttämittauksen auditoinneilla (Saarnio et al., 2018; Walden et al., 2004, 2008, 2010, 2015, 2017, 2018).

Tiettyjä ilmanlaadun mittauksia ei voida suorittaa jatkuvatoimisesti tai kyseisten mittalaitteiden herkkyys ei riitä Suomen ilmapitoisuuksille, ja tällöin ilmanlaadun seuranta perustuu mittausasemalla tehtävään näytteen keruuseen esim. suodattimelle tai keräinastiaan ja näytteen analysointiin myöhemmin laboratoriossa. Tällaisia ovat esimerkiksi direktiivin* 2004/107/EY mukaiset metallien ja PAH-yhdisteiden PM₁₀-hiukkasista ja laskeumasta tehtävien mittauksen vertailumenetelmät. Näiden mittauksen laadunvarmennuksesta ja tulosten oikeellisuudesta ei ole tällä hetkellä yleisesti saatavilla olevaa tietoa, vaan toimijat (ks. taulukko 1) ovat järjestäneet seurannan pääsääntöisesti itsenäisesti. Tästä syystä aloitettiin tässä raportissa esitelty Ympäristöministeriön ja Ilmatieteen laitoksen rahoittama hanke ”Direktiivin 2004/107/EY mukaisen ilmanlaadun seurannan tulosten oikeellisuuden varmistaminen (DIRME2019)”.

Suomessa tehtiin vuonna 2019–2020 ns. metallidirektiivin (2004/107/EY) mukaisia mittauksia yli kymmenellä paikkakunnalla (ks. kuva 1). Mittaukset kattavat seuraavia alkuaineita tai yhdisteitä: arseeni, kadmium, nikkeli, elohopea sekä bentso(a)pyreeni ja muut polysykliset aromaattiset hiilivedyt eli PAH-yhdisteet. Lisäksi lyijyn mittaukset PM₁₀-hiukkasista kuuluvat direktiivin 2008/50/EY vaatimuksiin, mutta analysoidaan useimmiten yhdessä muiden metallien kanssa. Kyseisiä mittauksia suorittavat kunnat itsenäisesti tai yhteistyössä teollisuuden kanssa, alueelliset toimijat (Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä eli HSY) sekä tausta-alueilla Ilmatieteen laitos. Joillain paikkakunnilla direktiivissä mainittu tavoitearvo on ylittynyt 2010-luvulla arseenin, nikkelin ja bentso(a)pyreenin osalta. Myös pitoisuustason odottamatonta muutosta on havaittu joissain mittauspisteissä. On ensiarvoisen tärkeää, että tuotetut mittauks tulokset on määritetty luotettavasti ja direktiivin vaatimuksia noudattaen.

Tässä hankkeessa arvioitiin käynnissä olevien metallidirektiivin mukaisten mittauksen tulosten oikeellisuus ja käytetyt laadunvarmennuskeinot suorittamalla auditointeja mittauksia suorittaviin verkkoihin. Samalla tuettiin verkkoja korjaamaan toimintatapoja tulosten oikeellisuuden varmistamiseksi, kun havaittiin poikkeavaa toimintaa. Hankkeen tarkoituksena oli kiinnittää huomiota mittauksen laatuun ja tukea mittauksen tekijöitä tuoden esiin mahdollisia puutteita ja parannusehdotuksia. Hankkeen yhteydessä on useissa tapauksissa ryhdytty kehitystoimenpiteisiin, joten raportissa ei yleisesti mainita mittausverkkojen nimiä mittauksen suorittamisen puutteiden osalta. Kullekin verkolle toimitettiin yksityiskohtaiset tiedot auditoinnin tuloksista ja tehdyistä suosituksista. Samoin meneteltiin laboratorioauditointien osalta. Viranomaiskäyttöön on laadittu erillinen ei-julkinen versio kenttäauditointien tuloksista, jossa verkkojen nimet on mainittu ja tulokset koottu mittausverkkokohtaiseen koosteeseen. Lisäksi tässä hankkeessa selvitettiin syitä pitoisuustasojen muutokselle. Kaiken kaikkiaan tämä hanke kokosi yhteen tiedot metallidirektiivin mukaisesta ilmanlaadun seurannasta Suomessa.

* Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2004/107/EY, annettu 15. päivänä joulukuuta 2004, ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä. Kutsutaan myös ”metallidirektiiviksi”.

Yhteenvetona hankkeen tavoitteet olivat:

1. Koota yhteen tieto metallidirektiivin mukaisesta ilmanlaadun seurannasta Suomessa direktiivin julkaisun jälkeen sekä raportoida kyseiset mittausaikaasarjat.
2. Selvittää käytetyt keruu- ja analyysimenetelmät ja niiden vaatimustenmukaisuus.
3. Selvittää mittausten laadunvarmistusmenettelyt ja arvioida mittausten oikeellisuutta suorittamalla auditointeja mittauksia toteuttavissa verkoissa.
4. Esittää tarvittaessa parannusehdotuksia mittausverkoille ja laboratorioille mittausten oikeellisuuden varmistamiseksi.



Kuva 1. Suomen ilmanlaatuasemat vuosina 2019–2020 (vihreällä) sekä ne mittausasemat, joilla on vuosien 2019–2020 aikana tehty lisäksi metallidirektiivin mukaisia mittauksia (mustalla).

2. YLEISTÄ MITTAUKSISTA

2.1 Ilmanlaadun seuranta Suomessa liittyen PAH-yhdisteisiin, metalleihin ja muihin erityismittauksiin

Suomessa tehtiin metallidirektiivin mukaisia ilmanlaadun mittauksia yli kymmenellä paikkakunnalla vuosina 2019–2020, ja kaikkien näiden mittausten (liite 1) laatutasoa arvioitiin tässä raportissa. Mittaukset kattavat seuraavat yhdisteet: arseeni, kadmium, nikkeli, lyijy, elohopea, bentso(a)pyreeni ja muut PAH-yhdisteet sekä ilmassa (esim. PM₁₀) että laskeumassa. Mittauksia on suoritettu laajemmin 2000-luvulla, ja taulukossa 1 on listattu nämä Suomessa tehdyt metallien ja PAH-yhdisteiden sekä näiden laskeuman mittaukset. Lisäksi metalleja on mitattu hiukkasista 1970–1990-luvuilla kokonaishiukkasfraktiosta (TSP) useilla HSY:n mittausasemilla (Töölö, Kaisaniemi, Vallila, Leppävaara, Pakila, Tikkurila, Kyläsaari, Erottaja, Luukki) tyypillisesti muutaman vuoden jaksoissa.

Seuraavia ilmanlaadun seurannan erityismittauksia ei mainita taulukossa 1, ja niitä käsitellään tässä raportissa hyvin lyhyesti:

- Bentseeni
- Muut haihtuvat hiilivedyt (VOC)
- PM_{2,5}-hiukkasten kemiallinen koostumus
 - o Alkuainehiili ja orgaaninen hiili (EC/OC):
 - o Ns. pääionit (sulfaatti, nitraatti, kloridi, ammonium, kalsium, kalium, magnesium ja natrium)
- Pääionien TSP-mittaukset
- Pääionien laskeuma

Edellä mainituille mittauksille ei ole asetettu tavoite- tai raja-arvoja. Myös useissa eri tahojen tutkimushankkeissa on mitattu muita ilman epäpuhtauksia tai parametrejä, kuten mustaa hiiltä, hiukkasten lukumääräpitoisuutta ja PM₁-hiukkasten kemiallista koostumusta eri aikoina ja eri puolella maata.

Taulukko 1. Suomessa 2000-luvulla suoritettut ilmanlaadun mittaukset liittyen metallidirektiivissä (2004/107/EY) mainittuihin mittauksiin. Käynnissä olevat mittaukset (v. 2020) on merkitty lihavoituna.

Mittaus-verkko	Mittausasema	PAH PM ₁₀	Metallit PM ₁₀	PAH-laskeuma	Metalli-laskeuma	Kaasum. Hg	Hg-laskeuma
Harjavallan verkko	Pirkkala		2014-				
	Kaleva		2008-				
Pääkaupunkiseudun verkko (HSY)	Hiekkaharju (Vantaa)	2018					
	Itä-Hakkila (Vantaa)	2008*, 2018					
	Jätevoimala (Vantaa)		2014-2015				
	Kallio (Helsinki)	2007-	2009-2015				
	Kattilalaakso (Espoo)	2012					
	Kauniainen	2013					
	Lintuvaara 1 ja 2 (Espoo)	2005*, 2015-2016					
	Mäkelänkatu (Helsinki)	2015-					
	Paloheinä (Helsinki)	2019					
	Pirkkola (Helsinki)	2019-					
	Puistola (Helsinki)	2016					
	Päiväkumpu (Vantaa)	2011					
	Rekola 1 ja 2 (Vantaa)	2017					
	Ruskeasanta 2 (Vantaa)	2014					
	Tapanila 1 ja 2 (Helsinki)	2013					

Mittaus- verkko	Mittausasema	PAH PM ₁₀	Metallit PM ₁₀	PAH- laskeu- ma	Metalli- laskeuma	Kaasum. Hg	Hg- laskeu- ma
Pääkaupun- kiseudun verkko (HSY)	Töölöntulli (Helsinki)	2010*					
	Unioninkatu (Helsinki)	2007*					
	Vallila (Helsinki)	2005*					
	Vartiokylä 1 ja 2 (Helsinki)	2009-, 2011					
	Ylästö (Vantaa)	2020					
Ilmatieteen laitoksen tausta- mittausten verkko	Hailuoto				1989-		
	Hietajärvi (Lieksa)				1991-		
	Hyvitiälä (Juupajoki)	2009-	2017-	2009-	2017-	2009-	2009-
	Isosaari (Helsinki)					2006-2007	
	Kevo (Utsjoki)				2000-2019		
	Kotinen (Lammi)				1991-		2009-
	Oulanka (Kuusamo)				1990-2016		
	Pallas (Muonio)	2009-	1996-**	2009-	1996-	2008-	2008-
	Sevettijärvi (Inari)		1992-1994				
	Utö (Parainen)				1996-2003		
	Virolahti	2008-	2007-	2008-	1995-	2007-	2008-
	Värriö (Salla)		2006-2007				
	Ähtäri		2007-2016				
Kokkolan verkko	Ykspihlaja		2012- 2017*, 2019-*				
Kuopion verkko	Heinälamminrinne	2007 (3 kk)*, 2011*					
	Kasarmipuisto		2008 (4 kk)*				
	Niirala	2015					
	Ukkokodintie	2008-2009 (4 kk)*					
Lahden verkko	Siirrettävä PAH-asema (Laune)	2017 (4 kk)*, 2020					
Uudenmaan verkko (HSY)	Hyvinkää Kruunupuisto	2019					
	Karkkila	2015					
	Kirkkonummi Veikkola	2017					
	Loviisa	2014					
	Sipoo Nikkilä	2016					
	Tuusula	2020					
	Vihti Nummela	2018					
Raahen verkko	Raahen Keskusta 2	2005-	2005-				
	Lapaluoto	2000-	2000-				
	Lentokenttä				2012-*		
	Merikatu	2009-2017	2009-2017				
	Väläkylä				2012-*		
Tampereen verkko	Niemi		2006- 2008*				
Tornion verkko	Puuluoto	2017	2017			2017	
	Tehdasalue	2017	2017				
	Keskusta	2020	2020				
	Näätasaari	2020	2020				

Huom! Taulukko ei kata ns. perinteisiä ilmanlaadun mittauksia (SO₂, NO_x, O₃, CO, PM₁₀ massa, PM_{2,5} massa, TRS).

*Mittauksia ei ole raportoitu kansalliseen ympäristönsuojelun tietojärjestelmään.

**Mittaukset tehtiin TSP:stä vuoteen 2006 asti.

VOC-yhdisteet ovat otsonia muodostavia yhdisteitä, ja siksi niillä on ilmanlaatuasetuksessa mittausvelvoite. Bentseenimittauksia samoin kuin muita VOC-mittauksia on suoritettu seurantaluonteisesti HSY:n (alk. 2000), Ilmatieteen laitoksen taustailmanlaadun (alk. 1991), Lahden (alk. 2002) ja Nastolan (alk. 2015) seurantaverkoissa. Myös Kuopiossa on mitattu VOC-yhdisteitä useilla eri asemilla (Välköntie, Siikaniemi, Heinälamminrinne, Kasarmipuisto, Tasavallankatu, Ukkokodintie, Niirala) yksittäisiä vuosia ajanjaksolla 2006–2015. Nykyisin HSY tekee näitä mittauksia Helsingin Kalliossa ja Mäkelänskadulla, Ilmatieteen laitos Muonion Pallaksella sekä

Lahden verkko Lahden Launeella ja Nastolan Kukkasen koululla. Mittaukset kattavat bentseenin lisäksi joukon muita VOC-yhdisteitä. Lisäksi VOC-mittauksia on suoritettu Suomessa mm. Kotkassa, Haminassa ja Kouvolassa, mutta näiden mittausten raportit eivät ole julkisia.

PM_{2,5}-kokofraktion kemiallisen koostumuksen mittauksia tehdään vain tausta-alueilla, ja tätä tehtävää hoitaa Ilmatieteen laitos Pallaksen, Utön ja Virolahden mittausasemillaan alkaen vuodesta 2011. Lisäksi Ilmatieteen laitos on tehnyt ns. pääionien hiukkaspitoisuuksien ja laskeuman seurantaan 1970-luvulta alkaen osana eurooppalaisia mittausverkostoja. Myös HSY on mitannut ioneja (sulfaatti, nitraatti, kloridi) TSP:stä Vallilassa ja Luukissa vuonna 1994.

Ilmanlaadun seurantaan voidaan käyttää mittausten lisäksi mallinnusta, ja PAH-yhdisteiden ja metallien osalta sitä on tehty jonkin verran tutkimustarpeisiin ja yksittäisiin selvityksiin. HSY on mallintanut PAH-päästöjä tutkimusyhteistyössä Ilmatieteen laitoksen kanssa (mm. Hellén et al., 2017). HSY tekee puun pienpolton päästöjen arviointia noin 5–7 vuoden välein, ja päästöt arvioidaan 100 m × 100 m resoluutiolla. Ilmatieteen laitos on puolestaan mallintanut metallien ja PAH-yhdisteiden lähteitä Pallaksen ja Virolahden asemilla (Kyllönen ym., 2020; Vestenius ym., 2011). Kuopiossa ja Turussa bentso(a)pyreenin pitoisuuksia PM₁₀:ssä on mallinnettu leviämismallilaskelmin tutkimuksissa Rasila ym. (2018) ja Salmi ym. (2020). Lisäksi Ilmatieteen laitoksen Asiantuntijapalvelut-yksikkö on mallintanut raskasmetalli- ja VOC-päästöjä eri kohteissa.

Bioindikaattorimittauksia metalleille on käytetty ainakin Uudenmaan verkossa (viimeksi 2014) ja Harjavalan verkossa (viimeksi 2014–2015), ja muista mittausverkoista ei tietoa käytöstä saatu. Tutkimustyönä tällaisia kartoituksia on tehty Suomessa muuallakin.

Mittausverkkokohtaisten vuosiraporttien lisäksi Suomessa tehdyistä PAH- ja metallimittauksista on julkaistu useita tieteellisiä artikkeleita ja raportteja. Näitä on listattu liitteessä 2. Lisäksi ilmanlaadun konsultit ovat tehneet erillisiä selvityksiä mm. kaivos- ja teollisuusympäristöissä, mutta nämä selvitykset eivät ole julkisesti saatavilla.

2.2 Lainsäädäntö ja vertailumenetelmät

Raportissa käsiteltyjä PAH-yhdisteiden ja metallien ilmanlaadun seurantamittauksia säädellään seuraavissa asetuksissa ja direktiiveissä:

- Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta (VnA 79/2017 ml. lyijy)
- Valtioneuvoston asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä (VnA 113/2017, ns. ilmanlaadun metalliasetus)
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2004/107/EY ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä (ns. ilmanlaadun metallidirektiivi)
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/50/EY ilmanlaadusta ja sen parantamisesta (ns. ilmanlaatudirektiivi, sis. mm. lyijy)
- Komission direktiivi (EU) 2015/1480 ilmanlaadun arvioinnissa käytettäviä vertailumenetelmiä, tietojen validointia ja näytteenottoa paikkojen sijaintia koskevien sääntöjen vahvistamista koskevien Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivien 2004/107/EY ja 2008/50/EY useiden liitteiden muuttamisesta (ns. täytäntöönpanodirektiivi)

Terveyshaittojen ja ympäristöön kohdistuvien haittojen ehkäisemiseksi on tavoitteena, että arseenin, kadmiumin, nikkelin ja bentso(a)pyreenin pitoisuudet ilmassa eivät ylitä taulukossa 2 mainittuja tavoitearvoja (VnA 113/2017). Lisäksi terveyshaittojen ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi lyijyn pitoisuus ulkoilmassa ei saa ylittää taulukon 2 raja-arvoa (VnA 79/2017). Kaasumaiselle elohopealle

ei ole asetettu rajoituksia, mutta EU:n valmistelun aikana harkinnassa oli raja-arvon 50 ng/m³ asettaminen (EU Position Paper on Hg, 2001). Laskeumalle ei ole asetettu rajoituksia.

Taulukko 2. Ilmanlaadun arviointikynnykset sekä raja- ja tavoitearvot (VnA 113/2017).

Epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Alempi arviointikynnys (ng/m ³)	Ylempi arviointikynnys (ng/m ³)	Tavoitearvo ¹⁾ (ng/m ³)	Raja-arvo ¹⁾ (ng/m ³)
Arseeni (As)	Kalenterivuosi	2,4	3,6	6	
Kadmium (Cd)	Kalenterivuosi	2	3	5	
Nikkeli (Ni)	Kalenterivuosi	10	14	20	
Lyijy (Pb)	Kalenterivuosi	250	350		500
Bentso(a)pyreeni ²⁾	Kalenterivuosi	0,4	0,6	1	

¹⁾ Pitoisuus määritetään hengitettävien hiukkasten massapitoisuudesta kalenterivuoden keskiarvona. Tulokset ilmoitetaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

²⁾ Bentso(a)pyreeni on polysyklinen aromaattinen yhdiste, jota käytetään näiden yhdisteiden syöpävaarallisuuden merkkiaineena.

Raja- ja tavoitearvojen lisäksi on säädetty ylempi ja alempi arviointikynnys (Taulukko 2), joiden ylittyminen määritetään viiden edellisen vuoden pitoisuuksien perusteella. Arviointikynnys katsotaan ylittyvän, kun kynnyksen lukuarvo on ylittynyt vähintään kolmena vuonna kyseisten viiden vuoden aikana. VnA 113/2017 edellyttää, että ilmanlaadun jatkuvia mittauksia on tehtävä seuranta-alueilla, joilla ylempi arviointikynnys ylittyy. Mittauksia voidaan täydentää myös mallintamistekniikoilla, jotta ilmanlaadusta saadaan riittävästi tietoa. Seuranta-alueilla, joilla pitoisuudet ovat ylemmän ja alemman arviointikynnyksen välillä, ilmanlaadun arvioimiseksi voidaan käyttää jatkuvien ja suuntaa-antavien mittausten sekä mallintamistekniikoiden yhdistelmää. Jos ilman epäpuhtauksien pitoisuudet ovat alemman arviointikynnyksen alapuolella, riittää, että ilmanlaatua seurataan yksinomaan leviämismallien, päästökartoitusten tai muiden vastaavien menetelmien perusteella. Arseenin, kadmiumin, nikkelin ja bentso(a)pyreenin seuranta-alueet ovat (1) Pääkaupunkiseutu (HSY-alue) ja (2) muun Suomen seuranta-alue. Lyijylle on määritetty samat 14 seuranta-aluetta kuin rikkidioksidille, typpidioksidille, hiilimonoksidille, PM₁₀:lle ja PM_{2,5}:lle.

Lisäksi ilmanlaadun metalliasetuksen VnA 113/2017 4. pykälässä on säädetty, että luvanvaraisessa toiminnassa tavoitearvojen ylittyminen on pyrittävä estämään käyttämällä parasta käyttökelpoista tekniikkaa ja noudattamalla ympäristön kannalta parhaan käytännön periaatetta siten kuin ympäristönsuojelulaissa (YSL 527/2014) säädetään. Jos luvanvaraisesta toiminnasta aiheutuu tai on perusteltua syytä epäillä aiheutuvan tavoitearvojen ylittymistä tai arviointikynnysten ylityksiä, laitoksen ympäristöluvassa on annettava tarpeelliset määräykset kyseisten epäpuhtauksien päästöjen ja niiden vaikutusten riittävästä tarkkailusta.

Metallidirektiivin sekä sitä täydentävän täytäntöönpanodirektiivin mukaisiksi vertailumenetelmiksi on määritetty liitteessä 3 luetellut menetelmät. Käytännössä nämä menetelmät tarkoittavat taulukossa 3 lueteltuja tekniikoita. Pääosa tekniikoista perustuu keruuseen mittausasemalla, jonka jälkeen näyte toimitetaan tietyissä olosuhteissa ja määritetyn ajan puitteissa laboratorioon. Laboratoriossa näyte esikäsitellään sellaiseen muotoon, että se voidaan analysoida määrittelylaitteella. Niin keruu-, esikäsitely- kuin analyysitekniikat eroavat toisistaan eri epäpuhtauksien välillä. Kaasumaisen elohopean mittaus on poikkeus, sillä sen vertailumenetelmä perustuu jatkuvatoimiseen monitorimittaukseen muiden tyyppillisten kaasumittauksien tapaan.

Taulukko 3. Vertailumenetelmien tekniikat

Epäpuhtaus	Keruumenetelmä	Esikäsittely	Laboratorio-määrittäminen	Menetelmä-standardi
Bentso(a)-pyreeni PM ₁₀ :ssä	Suodatinkeruu PM ₁₀ -inletillä, 24 h (näytteen esikäsittelyssä voidaan uuttaa useita suodattimia kerralla yhdeksi näytteeksi, esim. 1 kk)	Refluksiuutto / Soxhlet-uutto / kiihdytetty liuotinuutto / ultraääninuutto / mikroaaltouuniuutto	GC-MS tai HPLC-FLD	EN 12341, EN 15549
PAH-laskeuma	Spesifinen PAH-keräin (lasi, teflon), keruu korkeintaan 1 kk	Neste-nesteuutto tai kiinteäfaasinuutto	GC-MS tai HPLC-FLD	EN 15980
As, Cd, Ni, Pb PM ₁₀ :ssä	Suodatinkeruu PM ₁₀ -inletillä, suositus 24 h (pidemmät/lyhyemmät keruuajat sallitaan)	Mikroaaltouuni-digestointi	ICP-MS tai GFAAS	EN 12341, EN 14902
Metallilaskeuma (As, Cd, Ni)	Spesifinen metallikeräin (esim. HDPE), keruu 1 vk – 1 kk	Hapotus ja suodatus / haihdutus ja mikroaaltouuni-digestointi	ICP-MS tai GFAAS	EN 15841
Kaasumainen elohopea	Online-mittaus monitorilla, joka perustuu näytteen keruuseen kultapatruunalle ja termo-desorption avulla detektointi CVAFS:lla tai CVAAS:lla, tai suora mittaus Zeeman-AAS:lla			EN 15852
Elohopea-laskeuma	Spesifinen Hg-keräin (lasi, teflon), keruu 1 vk – 1 kk, kestävänti suolahapolla keruun aikana	BrCl-käsittely, esipelkistys	CVAFS tai CVAAS	EN 15853

Käytetyt lyhenteet: CVAAS = kylmähöyryatomiabsorptiospektrometria, CVAFS = kylmähöyryatomi fluoresenssispektrometria, FLD = fluoresenssitetektori, GC-MS = kaasukromatografia-massaspektrometria, GFAAS = grafiittiuniatomiabsorptiospektrometria, HDPE = korkean tiheyden polyetyleni, HPLC = korkean erottelukyvyn nestekromatografia, ICP-MS = induktiivisesti kytketty plasmamassaspektrometria, Zeeman-AAS = Zeeman-atomiabsorptiospektrometria

Seurantamenetelmien laatutavoitteet (DQO, *data quality objectives*) on listattu taulukossa 4. Pääasiallisesti mittauksissa käytetään jatkuvia mittauksia, joissa saadaan hyvin tietoa pitoisuuksien lyhyt- ja pitkäaikaisvaihtelusta. Suuntaa-antavat mittaukset voivat olla lyhytaikaisia mittauskampanjoita tai pitkäkestoisia mittauksia, joiden ajallinen kattavuus tai aineiston vähimmäismäärä tai jokin muu laatutavoite ei täytä jatkuville mittauksille asetettuja vaatimuksia tai joissa ei käytetä vertailumenetelmiä. Mittausepävarmuuden osalta on huomioitava, että sallittu epävarmuus on määritetty mittaukselle, ei ainoastaan laboratorioanalyysille. Tämä tarkoittaa, että epävarmuuden arvioinnissa on huomioitava myös näytteenkeruun epävarmuus laboratorioanalyysin epävarmuuden lisäksi. Esimerkiksi metallien määrittämisessä PM₁₀:stä epävarmuusarvioon voidaan sisällyttää rinnakkaisen näytekeruun perusteella määritetty epävarmuus sekä näytetilavuuden epävarmuus analyysin epävarmuuden lisäksi (CR 14377:2002). Mittausten epävarmuutta olisi sovellettava kyseisen tavoitearvon pitoisuusalueella.

Taulukko 4. Seurantamenetelmien laatutavoitteet (sallittu epävarmuus, mittausten ajallinen kattavuus ja mittaussaineiston vähimmäismäärä).

Epäpuhtaus	Arseeni, kadmium ja nikkeli (PM ₁₀)	Lyijy (PM ₁₀)	Bentso(a)-pyreeni (PM ₁₀)	Muut polysykliset aromaattiset hiilivedyt kuin b(a)p, kaasumainen elohopea	Kokonaislaskeuma
Jatkuvat mittaukset					
Sallittu epävarmuus	40 %	25 %	50 %	50 %	70 %
Ajallinen kattavuus ¹⁾	50 %	100 %	33 %	—	—
Aineiston vähimmäismäärä	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %
Suuntaa-antavat mittaukset					
Sallittu epävarmuus	40 %	50 %	50 %	50 %	70 %
Ajallinen kattavuus ¹⁾	14 %	14 %	14 %	14 %	33 %
Aineiston vähimmäismäärä	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %
Mallintaminen					
Sallittu epävarmuus	60 %	50 %	60 %	60 %	60 %
Muut arviot					
Sallittu epävarmuus	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

¹⁾ Jaoteltuina vuoden ajalle, jotta erilaiset ilmasto-olosuhteet ja päästöjä aiheuttavien toimintojen vaikutukset olisivat aineistossa edustavasti mukana.

2.3 Ilman epäpuhtauksien päästöt

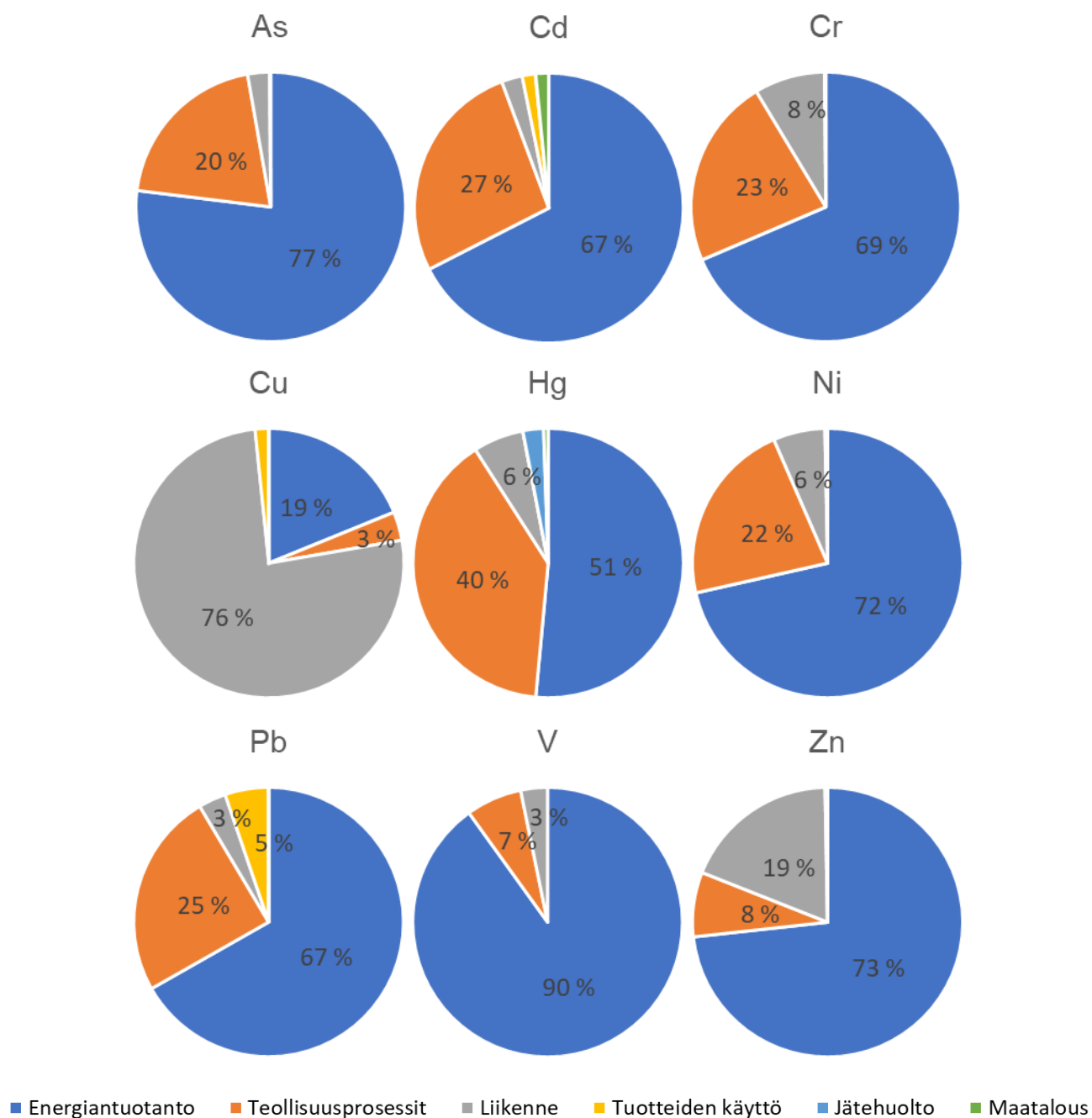
Suomen ympäristökeskus (SYKE) määrittelee ilman epäpuhtauksien päästölähteitä Suomessa ja julkaisee niistä tilastoja sivustolla https://www.ymparisto.fi/FI/Kartat_ja_tilastot/Ilman_epapuhtauksien_paastot.

Metallien päästöt johtuvat pääosin energiantuotannosta ja teollisuusprosesseista (kuva 2). Vaikka energiantuotannon päästöt ovat keskimäärin suurimmat, näillä päästöillä on yleensä melko pieni merkitys hengitysilman laatuun, sillä päästöt purkautuvat korkeista piipuista ja pääsevät laimenevaan yläilmoissa. Erilaisten teollisuusprosessien merkitys metallien lähteenä hengitysilmassa on usein suurempi kuin energiantuotannolla, vaikka niiden osuus kokonaispäästöistä on pienempi.

PAH-yhdisteiden päästölähteitä ovat energiantuotanto, teollisuusprosessit ja liikenne. SYKE:n tilastoissa energiantuotannon luvuissa yhdistyvät kotitalouksien energiantuotanto ml. puun pienpoltto, julkinen sähkön ja lämmön tuotanto sekä teollisuuden energiantuotanto. Näistä kotitalouksien energiantuotanto on ylivoimaisesti suurin PAH-yhdisteiden päästölähde. Helsingissä tehdyssä tutkimuksessa, joka kattoi vuodet 2007–2015, bentso(a)pyreenin pääasialliseksi lähteeksi todettiin puun pienpoltto (Hellén et al., 2017). Liikenteen merkitys todettiin Helsingissä hyvin vähäiseksi lähteeksi.

Kunnat ovat laskeneet tai arvioineet PAH-yhdisteiden ja metallien päästöjä vähäisesti. HSY on tehnyt PAH-päästöjen mallinnusta tutkimusyhteistyönä Ilmatieteen laitoksen kanssa (Hellén et al., 2017). Päästöt arvioidaan 5–7 v. välein ja ne arvioidaan seudulle 100 m x 100 m ruuduissa. Lisäksi

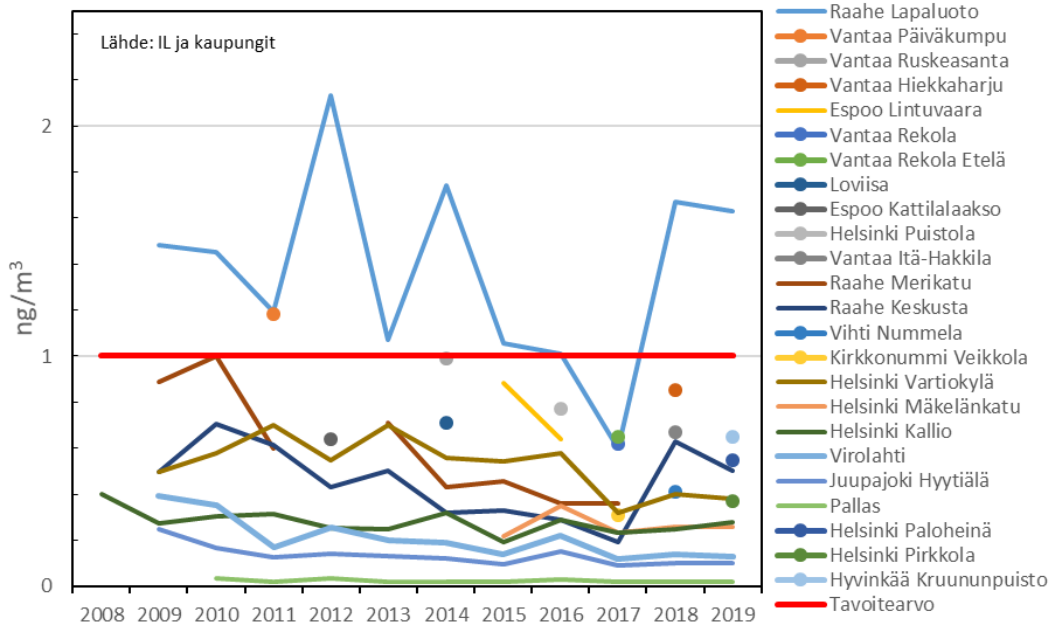
Ilmatieteen laitoksen Asiantuntijapalvelut-yksikkö on laskenut raskasmetalli-, PAH- ja VOC-päästöjä kaupallisten hankkeiden yhteydessä.



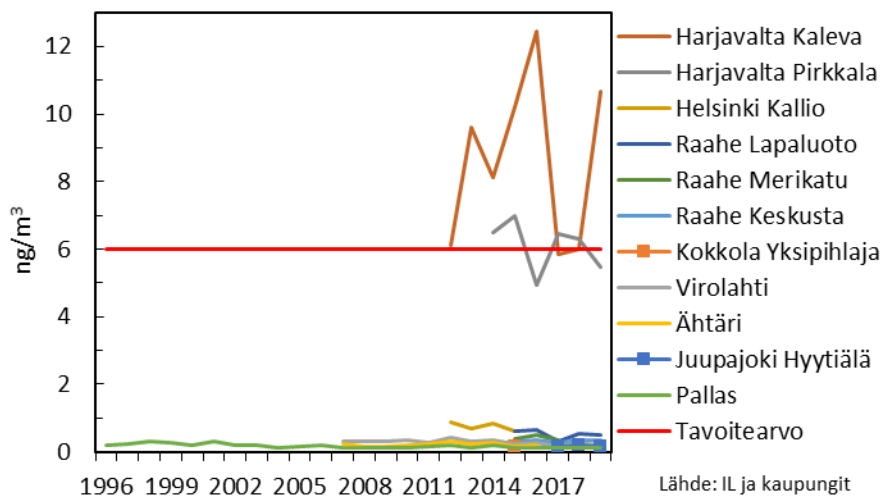
Kuva 2. Raportoidut raskasmetallien päästölähteet Suomessa vuonna 2017 (luvut saatu Suomen ympäristökeskukselta ja kuva mukailtu lähteestä Kyllönen, 2020).

2.4 Seurannan tuloksia

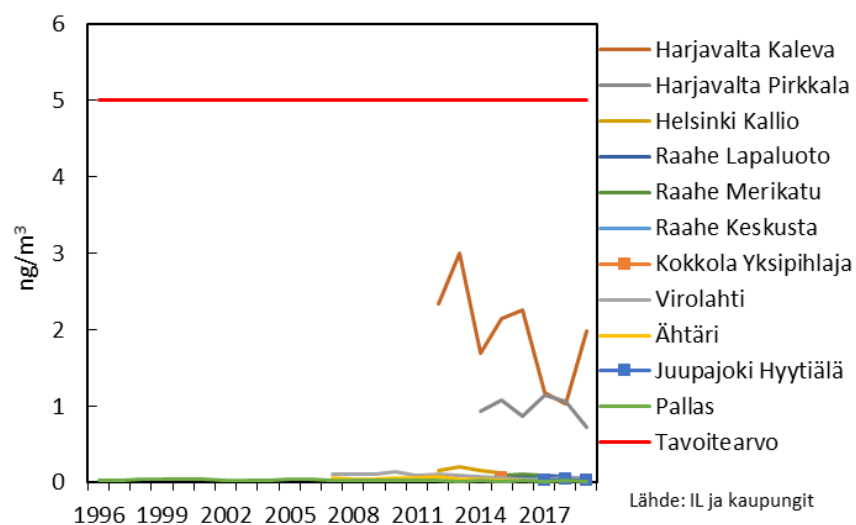
Kuvissa 3–7 on eritelty ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia Suomessa vuosina 1996–2019. Bentso(a)pyreenin osalta tavoitearvon ylittäviä pitoisuuksia on viime vuosina mitattu Raahen Lapaluodon asemalla, arseenin osalta Harjavallassa Kalevan ja Pirkkalan asemilla, ja nikkelin osalta Harjavallassa Kalevassa.



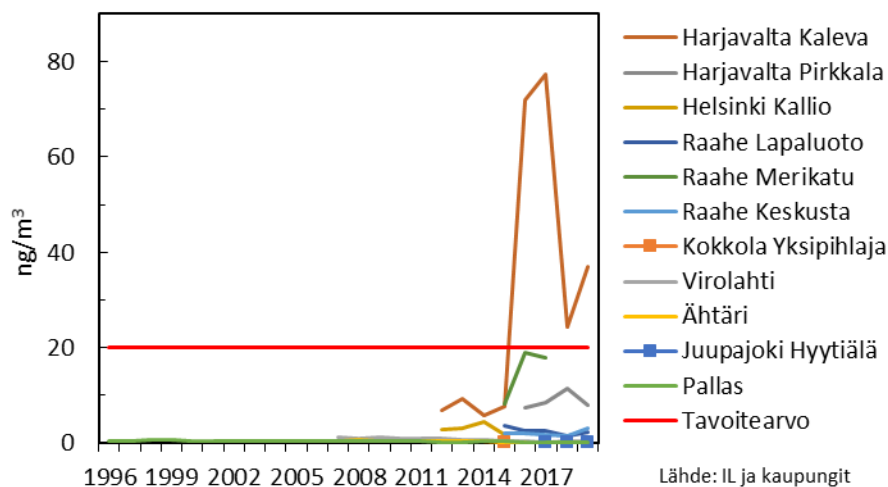
Kuva 3. Suomessa esiintyviä bentso(a)pyreenin PM₁₀-pitoisuuksia vuosina 2008–2019. Bentso(a)pyreenin PM₁₀-pitoisuuden tavoitearvo on ylittynyt useana vuonna Raahen Lapaluodon asemalla. Ylemmän arviointikynnyksen (0,6 ng/m³) ylittäneitä mittauksia on useita.



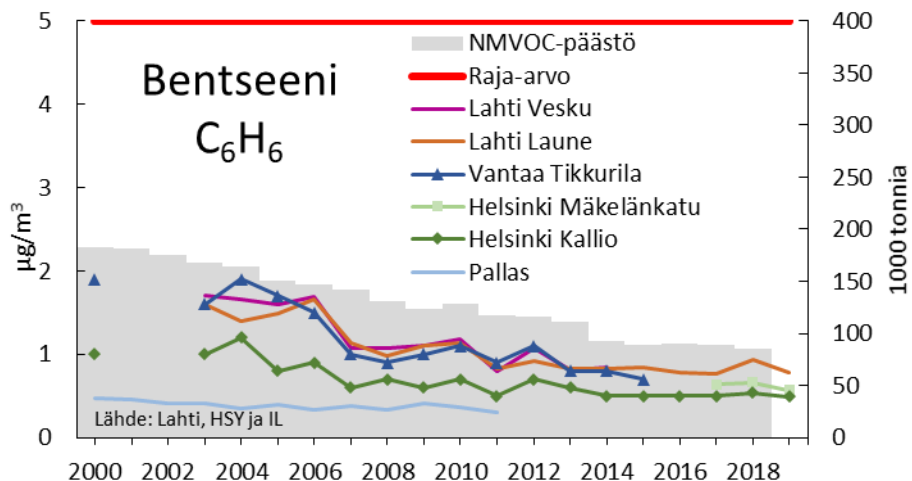
Kuva 4. Suomessa esiintyviä arseenin PM₁₀-pitoisuuksia vuosina 1996–2019. Ennen vuotta 2007 tulokset ovat kokonaisleijumasta. Arseenin PM₁₀-pitoisuus on ylittänyt tavoitearvon useana vuonna Harjavallassa.



Kuva 5. Suomessa esiintyviä kadmiumin PM₁₀-pitoisuuksia vuosina 1996–2019. Ennen vuotta 2007 tulokset ovat kokonaisleijumasta. Kadmiumin PM₁₀-pitoisuudet eivät ole ylittäneet ylempää arviointikynnystä (3 ng/m³).



Kuva 6. Suomessa esiintyviä nikkelin PM₁₀-pitoisuuksia vuosina 1996–2019. Ennen vuotta 2007 tulokset ovat kokonaisleijumasta. Nikkelin PM₁₀-pitoisuus on ylittänyt tavoitearvon Harjavallan Kalevan asemalla useana vuonna ja ylemmän arviointikynnyksen (14 ng/m³) Raahan Merikadun asemalla, jossa mittaukset on sittemmin lopetettu.



Kuva 7. Suomessa esiintyviä bentseenipitoisuuksia (vasemmalla) ja haihtuvien orgaanisten yhdisteiden paitsi metaanin (NMVOC:t) päästöt (oikealla) vuosina 2000–2019.

2.5 Mittausten raportointi

Suomessa tehtyjä ilmanlaadun PAH- ja metallimittauksia raportoidaan Euroopan ympäristövirastolle (EEA) sekä tausta-alueiden seurannan osalta kansainvälisille mittausohjelmille (mm. AMAP, EMEP, HELCOM, YYS). Lisäksi mittaavat tahot julkaisevat tuloksia mm. vuosiraporteissaan. EEA:lle raportointi suoritetaan kerran vuodessa edellisen kalenterivuoden ajalta. EEA:lle pyritään raportoimaan ilmanlaatudirektiiveissä vaaditut tulokset.

Auditointitulosten käsittelyssä on huomioitu, miten raportoinnissa on täytetty direktiivien ja IPR-ohjeiden vaatimuksia (ks. kappale 6).

3. MENETELMÄT JA TOTEUTUS

3.1 Osallistujat

Keväällä 2019 lähetettiin sähköpostitse kysely niille ilmanlaatuverkoille, jotka ovat viime vuosina raportoineet metalli- tai PAH-mittauksia. Kyselyssä pyydettiin ilmoittautumaan kyseisten mittausten kenttäauditointiin sekä laboratorioauditointiin. Lisäksi kaikille mittausverkoille lähetettiin sähköpostitse erillinen kysely, jossa selvitettiin, ovatko verkot tehneet muita metalli- ja PAH-mittauksia, joita ei ole raportoitu ympäristönsuojelun tietojärjestelmään. Kyseisten mittausten ei tarvinnut olla direktiivin mukaisia kiinteitä mittauksia tai parhaillaan käynnissä olevia, vaan ne saivat olla myös esim. lyhytkestoisia, hetkittäisiä tai tehty vuosia aiemmin.

Kaikki verkot, jotka olivat raportoineet metalli- ja/tai PAH-mittauksia, vastasivat kyselyyn ja kenttäauditointi suoritettiin näissä verkoissa myöhemmin samana vuonna ja laboratorioauditointi 2019–2020 aikana. Näitä verkkoja olivat Harjavallan, pääkaupunkiseudun ja Uudenmaan (HSY), Ilmatieteen laitoksen taustamittausten, Kokkolan ja Raahen verkot. Lisäksi Lahden verkko ilmoitti tammikuussa 2020 vasta aloitetuista PAH-mittauksista, jotka lisättiin auditointien piiriin. Ilmatieteen laitoksen Asiantuntijapalvelut-yksikkö ilmoitti keväällä 2020 Torniossa aloitetusta, vuoden kestävästä

metalli- ja PAH-mittausten projektimittauksista, joiden kenttätoiminta arvioitiin etänä dokumenttien ja haastattelujen avulla COVID-19-tilanteen takia. Kuopion, Lahden, Nesteen ja Tampereen verkot ilmoittivat, että heidän alueillaan on aiemmin suoritettu metallien ja/tai PAH-yhdisteiden mittauksia, ja näitä mittauksia on käsitelty raportissa lyhyesti kappaleessa 6. Lisäksi Ilmatieteen laitoksen Asiantuntijapalvelut-yksikkö ilmoitti, että se on tehnyt v. 2005–2020 tilaustoina metalli- ja PAH-mittauksia mm. kaivoksille, terästehtaille ja kivenmurskaamoille. Nämä mittaukset rajattiin kuitenkin tämän projektin ulkopuolelle, sillä tulokset eivät ole julkisia ja yksikkö osallistui auditointiin em. Tornion mittauksilla.

3.2 Auditoinnit

Auditoinnin kohteena olivat ne kahdeksan mittausverkkoa, jotka ilmoittivat sillä hetkellä tekevänsä metalli- ja/tai PAH-mittauksia, ja niistä kenttäauditointi tehtiin yhteensä yhdellätoista mittausasemalla. Osallistujien kanssa sovittiin etukäteen kenttäauditoinnin päivämäärästä sekä auditoitavista mittausasemista. Helsingin ja Uudenmaan seudun sekä Ilmatieteen laitoksen verkot suorittavat mittauksia useilla asemilla, ja näiden osalta auditoitavaksi asemaksi valittiin yksi asema kuvaamaan toimintaa. Muiden verkkojen osalta käytiin kaikilla mittausasemilla pois lukien Raahen Lentokentän asema, jossa suoritettiin vastaavasti metalliläskeuman mittauksia kuin Raahen Välikylän asemalla ja Tornion mittaukset, jotka auditointiin etänä. Asemat olivat tyypiltään joko teollisuusasemia (teollisuuden tausta-asema läheisellä asuinalueella), liikenneasemia (liikenne-/teollisuusasemia), kaupunkitausta-asemia tai maaseututausta-asemia. Asemien laatuavoitteena oli vaihtelevasti jatkuvia ja suuntaa-antavia mittauksia, ja verkkojen tavoitteena olivat ilmanlaatuasetuksen mukaiset mittausepävarmuudet, ajallinen vähimmäiskattavuus eri asematyypeille ja datan vähimmäismäärä.

Ennen auditointia mittausverkoille lähetettiin etukäteen tutustuttavaksi auditointilomake. Auditointipäiväksi paikalle pyydettiin mittausverkon edustajaa esittelemään mittauksia ja dokumentointia sekä vastaamaan auditointikysymyksiin.

Kenttämittausten lisäksi auditointi kattoi laboratoriomäärityksen. Mittausverkot käyttivät tyypillisesti näytteiden määritykseen alihankintalaboratorioita. Yhdellä verkoista oli käytössä oma laboratorio. Yhteensä auditoituja laboratorioita oli kuusi. Auditoiduille laboratorioille lähetettiin niin ikään auditointilomake etukäteen tutustuttavaksi. Auditointipäivänä paikan päälle kutsuttiin auditoinnin ja laboratorion vastuuhenkilön lisäksi mittausverkon edustaja laboratorion luvalla.

Auditoinnin tarkoituksena oli selvittää mittaus toiminnan toteutus, käytetyt laadunvarmennuskeinot ja kuinka hyvin käytetyt mittausmenetelmät vastasivat metallidirektiivissä määritettyjä vertailumenetelmiä (ks. myös liite 3). Auditoinnissa selvitettäviä asioita olivat mm. mittaus- ja näytteenottotilat sekä -olosuhteet, mittaaajien pätevyys, asemilla olevat mittalaitteet, niiden kalibrointi-, huolto- ja laadunvarmennustoimenpiteet, tiedonkeruu ja -käsittely sekä tietojen dokumentointi ja ohjeiden käyttö. Näiden lisäksi laboratorioissa arvioitiin käytettyjä mittalaitteita, niiden kalibrointia, mittausten jäljitettävyyttä ja laadunvarmennustoimenpiteitä, esikäsittelymenettelyjä, näytteiden säilytystä, validointimenettelyjä ja laboratoriotilojen soveltuvuutta. Auditoidut asiat ja auditointikysymykset käyivät ilmi liitteestä 4. Lisäksi arvioitiin laatuavoitteiden (mittausepävarmuus, ajallinen kattavuus, aineiston vähimmäismäärä) toteutumista.

Auditointien jälkeen auditointilomakkeet viimeisteltiin ja lähetettiin lopuksi mittausverkoille ja laboratorioille allekirjoitettuna. Laboratorioauditoinnin lomake toimitettiin kyseiselle mittausverkolle luottamuksellisesti. Auditointilomakkeisiin kirjattiin auditointikysymysten vastausten lisäksi yhteenvedo, jossa nostettiin esiin sekä mittaus toiminnan vahvuudet että kehityskohteet ja poikkeava

toiminta. Poikkeavan toiminnan osalta mittausverkkoja ja laboratorioita kehoitettiin korjaamaan toimintaa.

Kansallisen vertailulaboratorion järjestämiin kaasumittausten (mm. SO₂ ja NO) arviointiin kuuluu auditoinnin lisäksi vertailumittaus (Saarnio et al., 2018; Walden et al., 2004, 2008, 2015). Tässä hankkeessa vertailumittauksia ei auditointien oheen järjestetty, sillä vaatimustenmukaisten vertailunäytteiden valmistaminen ilmamatriisille on haastavaa ja taloudellisesti kannattamatonta, kun mittausten määrä on rajallinen. Euroopan ilmanlaadun referenssilaboratorio (*European Reference Laboratory for Air Pollution*, ERLAP) järjestää määrääjoin arseenin, kadmiumin, nikkelin, lyijyn ja PAH-yhdisteiden vertailumittauksia kansallisille vertailulaboratorioille Komission tutkimuskeskuksessa Isprassa, Italiassa. Näissä vertailumittauksissa osallistujat vievät keräimensä paikan päälle tekemään mittauksia noin kahden kuukauden ajaksi ja suodattimille kerättyjen näytteiden kemiallinen määrittäminen tapahtuu myöhemmin osallistujien laboratorioissa. Vastaavanlaisten vertailumittausten järjestäminen kansallisesti vaatisi mittausverkkoja siirtämään käytössä olevat mittalaitteet usean viikon ajaksi vertailumittauskäyttöön, jolloin useimpien verkkojen osalta seurantamittauksia ei pystyttäisi hoitamaan rajallisen laitekapasiteetin takia.

Mittausverkkoja ja niiden käyttämiä laboratorioita kannustetaan kuitenkin osallistumaan ulkoilman PM₁₀-mittausten pätevyyskokeisiin tai tätä vastaaviin vertailumittauksiin, mikäli tällaisia on saatavilla (esimerkiksi valmiiksi kerätyille suodatinnäytteille). Kuten EN-menetelmästandardit velvoittavat, laboratorioiden pitää käyttää laadunvarmennuksessaan varmennettuja vertailuaineita (ns. referenssimateriaalit, esim. kaupunki-ilmamatriisia edustavat NIST 1648 tai NIST 1649) varmistamaan määrittysten oikeellisuutta sekä korvaamaan vertailumittauksista saatavaa ulkoista näytettä menetelmän toimivuudesta.

4. KENTTÄAUDITOINTIEN TULOKSET

Kenttäauditointi suoritettiin liitteen 4 mukaisen kyselylomakkeen avulla. Lomake lähetettiin etukäteen verkoille tiedoksi, ja auditoija täytti lomakkeen mittausverkon edustajan/edustajien haastattelun, havainnoinnin ja dokumenttien tarkistuksen perusteella. Joissain tilanteissa kaikkia tietoja ei saatu käynnin aikana, ja puuttuvia tietoja täydennettiin jälkikäteen. Ennen auditoinnin sulkemista verkolla oli mahdollisuus kommentoida auditointihavaintoja, ja tarvittaessa merkintöjä korjattiin tai tarkennettiin. Mikäli tarpeen, korjattavasta muutoksesta pyydettiin näyttöä. Lopuksi raportti lähetettiin mittausverkoille. Auditoinnin havainnot koskevat tilannetta auditoinnin ajankohtana. Tämän jälkeen mittausverkoissa on saattanut tapahtua muutoksia mm. menetelmien, käytetyn laboratorion, mittalaitteiden ja raportoinnin osalta.

PAH- ja metallimittausten kenttäauditointi oli viidessä mittausverkoista ensimmäinen kyseisiin mittauksiin liittynyt auditointi, ja vain yksi mittausverkkoista oli aiemmin suorittanut sisäisiä auditointeja niihin liittyen.

4.1 Yleiset tulokset

Kenttäauditoinnin yleis- ja laatu-tietojen yhteenveto on esitetty taulukossa 5. Taulukkoon on koottu tiedot mittauspaikasta, laatu-tavoitteista, laatu-kuvauksesta sekä ilmoitetun mittausepävarmuuden ja havaintorajan vaatimustenmukaisuus. Syventävää tietoa mittausepävarmuudesta ja havaintorajasta on esitetty liitteessä 5.

Taulukko 5. Kooste mittauksen yleis- ja laatu-tiedoista.

Mittausverkko ja mittaukset	Alueen kuvaus	Päästö-lähde	Laatu-tavoite	Kattavuus -tavoite	Mittaus-epä-varmuus	Havainto -raja	Laatu-kuvaus
Harjavalta (Kaleva ja Pirkkala)							
Metallit PM ₁₀	esikaupunki	teollisuus	suuntaa-antava	14 %	Dir.	Std.	tehty
HSY (Vartiokylä)							
PAH PM ₁₀	esikaupunki	tausta, puun pienpoltto	kiinteä	33 %	Dir.	Std.	tehty
IL (Hyytiälä)							
Metallit PM ₁₀	maaseutu	tausta	kiinteä	100 %	Dir.	Std.	tehty
PAH PM ₁₀				50 %	Dir.	Std.	tehty
Metallilaskeuma			suuntaa-antava	100 %	Dir.	Lask.	tehty
PAH-laskeuma				100 %	Dir.	Lask.	tehty
Elohopea (kaasumainen)			suuntaa-antava	100 %	Dir.	Std.	tehty
Elohopea-laskeuma			suuntaa-antava	100 %	Dir.	Lask.	tehty
Kokkola (Ykspihlaja)							
Metallit PM ₁₀	esikaupunki	teollisuus	suuntaa-antava	17 %	Dir.	Std.	puutteellinen
Lahti (siirrettävä asema Launeen alueella)							
PAH PM ₁₀	esikaupunki	tausta, puun pienpoltto	kiinteä	50 %	Dir.	Std.	työn alla
Raahe (Keskusta (K), Lapaluoto (L), Välikylä)							
Metallit PM ₁₀	kaupunki, esikaupunki	liikenne, teollisuus	suuntaa-antava	14 %	Dir.	Std.	puuttui*
PAH PM ₁₀			kiint. (L), suunt. (K)	33 % (L), 14 % (K)	Dir.	Std.	puuttui*
Metallilaskeuma	kaupungin reuna-alue	teollisuus	suuntaa-antava	100 %	Dir.	Lask.	-
Tornio (Keskusta, Näätäsaari)							
Metallit PM ₁₀	kaupunki, esikaupunki	teollisuus, liikenne	suuntaa-antava	14 %	Dir.	Std.	tehty
PAH PM ₁₀	kaupunki, esikaupunki	teollisuus, liikenne	suuntaa-antava	14 %	Dir.	Std.	tehty

Huom! Laskeumamittauksia tehtiin jatkuvatoimisesti kuukausikeruuna, vaikkakin direktiivin määritelmän myötä mittaukset lasketaan automaattisesti suuntaa-antaviksi.

Dir. = Ilmoitettu mittausepävarmuus täyttää direktiivin laatuvaatimukset (huomio ei kata laskentatapaa).

Std. = Täyttää menetelmästandardin (EN 14902, EN 15549, EN 15852) vaatimukset. Laskeumastandardeissa ei ole esitetty vaatimuksia havaintorajalle.

Lask. = Havaintoraja laskettu ja käyttökelpoinen.

* Tehty auditoinnin jälkeen.

Mittauksia suoritettiin erilaisissa ympäristöissä riippuen mittaustarpeesta. Mukana oli teollisuuden seurantaan, puun pienpolttoon ja yleisen taustapitoisuuden seurantaan perustettuja mittauksia. Asemakuvaus oli laadittu kaikille auditoiduille mittausasemille, joskin yhden verkon kuvauksessa havaittiin päivitystarpeita. Laatu-tavoitteet olivat yleisesti hyvin määriteltä, joskin yhden mittausverkon osalta suuntaa-antavat mittaukset olisi syytä muuttaa kiinteiksi mittauksiksi ja yhden mittausverkon osalta on varauduttava muuttamaan suuntaa-antava mittaus kiinteäksi mittaukseksi ylemmän arviointikynnyksen ylityksistä johtuen. PM₁₀-mittauksia suoritettiin vuorokausikeruuna joka toinen, kolmas, kuudes tai seitsemäs päivä, tai kolmena päivänä seitsemästä. Ilmatieteen laitos keräsi

Hyttiälän tausta-aseamalla metallien PM₁₀-mittausten osalta viikkonäytteitä matalien taustapitoisuuksien vuoksi. Laskeumanäytteiden keruu aika oli kuukausi. Asetettuihin kattavuustavoitteisiin oli ylletty.

Mittausten mittausepävarmuusvaatimukset on kirjattu ns. metalliasetukseen 113/2017, kun taas havaintorajojen vaatimuksia on esitetty puolestaan EN-menetelmästandardeissa metallien, bentso(a)pyreenin ja kaasumaisen elohopean osalta. Laskeuman määrittelylle ei ole asetettu havaintorajavaatimuksia. Kaikkien auditoitujen mittausten ilmoitetut mittausepävarmuudet ja havaintorajat olivat vaatimusten mukaisia. Mittausepävarmuuksien ja havaintorajojen laskennan standardin mukaisuuteen palataan kappaleessa 5.

Kaikissa verkoissa oli auditoinnin aikaan käytössä laatujärjestelmä, joka perustui joko pelkästään SFS-EN ISO 17025:2005 standardiin tai tämän lisäksi SFF-EN ISO 9001 standardiin. Standardin 17025 osalta joissain verkoissa oltiin aloittamassa päivitystä vuoden 2017 versioon, mitä suositellaan kaikille mittausverkoille. Auditointikäynnillä silmäiltiin asemien ohjeet, ja niiden kattavuudessa ei havaittu puutteita. Kaikki verkot olivat pitäneet huolta ohjeiden päivityksistä. Ohjeiden identifioimistiedot (otsikointi, laatija, päivämäärä, versionumerointi, sivunumerointi) olivat verkoilla yleisesti hyvin kunnossa. Ohjeita oli laadittu itse tai mallina oli käytetty toisen verkon ohjetta, jota oli muokattu omaan käyttöön. Asematoimia oli kirjattu vaihtelevasti sähköisesti ja/tai paperille käyttäen asemapäiväkirjoja, laitepäiväkirjoja, näytetietolomakkeita ja kaupallisia tiedonkeruuohjelmia*.

Poikkeavan työn dokumentointia oli tehty kaikissa mittausverkoissa. Joissain oli käytössä viralliset poikkeamalomakkeet, mutta kaikissa verkoissa poikkeavaa toimintaa kirjattiin vähintään esim. asemapäiväkirjaan. Laatukuvaus oli tehty useimmissa mittausverkoissa ja se kattoi auditoidut yhdisteet neljässä verkossa. Yhdeltä verkolta kuvaus puuttui vielä kokonaan, toisessa se oli työn alla ja kolmannessa kuvauksesta puuttui auditoidut mittaukset (korjattu auditoinnin jälkeen).

Mittausten raportointi ympäristönsuojelun tietojärjestelmään oli tehty niiden auditoitujen mittausten osalta, jotka olivat käynnissä jo auditointia edeltävänä vuonna. Lahden ja Kokkolan verkot olivat aloittaneet mittaukset auditointivuotena, ja hekin suunnittelivat raportointia tietojärjestelmään auditoinnin aikaan. Joitakin verkkoja kehoitettiin täydentämään tietojärjestelmässä olevia metatietoja kuten mittausepävarmuus, havaintoraja ja laatu kuvauksen [www-linkki](#). Mittausverkot ylläpitävät mittaustensa metatietoja itsenäisesti käyttöliittymän (AQUSTI) kautta.

Yleisesti voidaan todeta, että mittauksista vastaavat henkilöt olivat hyvin perehtyneitä mittauksiin ja mittauksille oli määritetty vastuu- ja varahenkilöt. Kukin mittausverkko vastasi itse kenttätoiminnasta, joskin osa laadunvarmistus- ja kalibrintitoimista oli ulkoistettu konsultille. Huoltotehtäviä tehtiin mittausverkoista riippuen joko pääasiallisesti itse, konsultin toimesta tai käyttäen molempia tapoja. Yhdessä verkossa hyödynnettiin myös teollisuuden henkilökuntaa huoltotoimissa, toisessa laitetoimittajaa. Mittausten kalibrointeja tehtiin useimmiten konsultin toimesta, ja kaksi verkkoa suoritti kalibroinnit itse.

4.2 Kenttämittaukset ja niiden laadunvarmistustoimenpiteet

Kaikissa mittausverkoissa seuranta perustui näytteen keruuseen kentällä ja määrittelyyn myöhemmin laboratorioissa pl. jatkuvatoimiset kaasumaisen elohopean mittaukset, joita suoritetaan direktiivin mukaisesti kolmella maaseututausta-aseamalla Suomessa.

* Mittausverkoilla on käytössä Envitechin toimittamia datanhallinta- ja datankeruuohjelmien eri versioita, joihin voidaan kirjata myös asematoimia.

Mittauksiin käytettyjen keräimien ja käytettyjen laadunvarmistustoimenpiteiden tietoja on kirjattu taulukkoon 6.

Taulukko 6. Auditoitujen mittausasemien keräimet ja käytettyjä laadunvarmistustoimenpiteitä.

Mittaus-verkko ja mittaukset	Keräin	Keräimen ikä	Virtaus (m3/h)	Virtauksen tarkistus	Virtauksen kriteeri	Virtauksen jäjitettävyyys	Inletin puhdistus/ vaihto	Kenttä-blank
Harjavalta (Kaleva ja Pirkkala)								
Metallit PM ₁₀	Leckel SEQ47/50	3,5 v.	2,3	12 kk*	5 %	OK	3 kk	kyllä
HSY (Vartiokylä)								
PAH PM ₁₀	MCZ µPNS LVS16	6 v.	2,3	6 kk**	2 %	OK	1 kk	ei
IL (Hyytiälä)								
Metallit PM ₁₀	Derenda	1 v.	1,0	4 kk	aina***	OK	tarvitt.	kyllä
PAH PM ₁₀	Leckel LVS6-RV	4 v.	2,3	4 kk	aina***	OK	tarvitt.	kyllä
Metalli-laskeuma	NILU kesä/talvi	-	-	-	-	-	-	-
PAH-laskeuma	Oma	-	-	-	-	-	-	-
Elohopea (TGM)	Tekran 2537X	5 v.	0,09	6 kk	5 %	OK	1 kk (suod.)	kyllä
Elohopea-laskeuma	Oma	-	-	-	-	-	-	-
Kokkola (Ykspihlaja)								
Metallit PM ₁₀	Leckel SEQ47/50	1 v.	2,3	ei tiedossa	ei tiedossa	ei tiedossa	ei tiedossa	kyllä
Lahti (siirrettävä asema)								
PAH PM ₁₀	Leckel SEQ47/50	0,5 v.	2,3	6 kk	ei tiedossa	ei tiedossa	suunn. 3-4 kk	kyllä
Raahe (Keskusta (K), Lapaluoto (L), Välikylä)								
Metallit PM ₁₀	Leckel SEQ47/50	2 v.	2,3	6-12 kk	ei tiedossa	ei tiedossa	3 kk	kyllä
PAH PM ₁₀	Leckel SEQ47/50	2 v.	2,3	6-12 kk	ei tiedossa	ei tiedossa	3 kk	kyllä
Metallilask euma	NILU lieriö	-	-	-	-	-	-	-
Tornio (Keskusta, Näätsaari)								
Metallit PM ₁₀	Leckel SEQ47/50	4 ja 5 v.	2,3	6-12 kk	5 %	OK	6 kk	kyllä
PAH PM ₁₀	Leckel SEQ47/50	4 ja 5 v.	2,3	6-12 kk	5 %	OK	6 kk	kyllä

* Suunnitelma 3 kk jatkolle.

** Toteuma 6 kk perusteltu dokumentoidulla seurannalla.

*** Säättö 4 kk välein, korjauskerroin otetaan liukuvasti käyttöön menneelle datalle.

4.2.1 Raskasmetallien ja PAH-yhdisteiden PM₁₀-mittaukset

Auditoinnin aikaan mittausverkoilla oli käytössä Leckelin SEQ47/50-keräimiä, MCZ:n LVS16-, LVS7- ja LVS1-keräimiä sekä Derendan keräimiä, joista taulukossa 6 on mainittu auditoituilla asemilla käytössä olleet keräimet. Nämä kaikki taulukossa mainitut olivat referenssikeräimiä ja siten täyttivät

vaatimukset keräintyyppistä. Keräimien manuaalit olivat saatavilla asemilla. Keräimet olivat verkkojen omia, pl. yhdellä verkolla oli vuokralaite. Kaikki käytetyt keräimet olivat verrattain uusia.

Joillain mittausverkoilla on ollut vielä viime vuosina käytössä Rupprecht & Patashnick TEOM ACCU SYSTEM-keräimiä, mutta näiden käytöstä on nyt kuitenkin luovuttu ilmanlaadun mittausverkoissa. ACCU-keräimet eivät ole referenssikeräimiä, ja niiden oleellisia eroja referenssikeräimiin on mm. näytelinjan muoto (suoran sijaan mutkalla) ja materiaali (muovi). Tämän vuoksi ACCU-keräimiä ei suositella direktiivien 2008/50/EC tai 2004/107/EY mukaiseen seurantaan eivätkä niiden tulokset ole vertailukelpoisia referenssimenetelmään. Tästä syystä Harjavallan (ennen 2016), Kokkolan (ennen 2018) ja Raahen (ennen 2018) mittausaikasarjat eivät ole vertailukelpoisia nykyisten mittausten kanssa. Referenssikeräimien käyttöönotto on tehnyt oleellisen parannuksen metallien ja PAH-yhdisteiden ilmanlaadun seurantaan.

Näytteenottoputkien sijainneissa ei havaittu huomautettavaa. PM₁₀-mittausten kokoerottimena käytettiin EU-mallin mukaista inlettä. Kaikkien auditoitujen mittausten näytelinjat olivat standardinmukaisesti suoria, tehty teräksestä ja pituus korkeintaan 3 m. Virtauksena käytettiin yleisesti 2,3 m³/h. Näistä erotuksena oli yhden verkon metallien PM₁₀-mittaus, jossa käytettiin ruotsalaisen IVL:n kehittämää ekvivalenttia (Areskoug, 2012) teflonista kokoerotinta. Tämä erotin oli valittu siitä syystä, että taustamittausten pitoisuudet ovat hyvin pieniä ja kyseisen erottimen materiaalina ei ole käytetty lainkaan metallia, kuten referenssikeräimissä. Kyseisessä mittauksessa suodatin oli sijoitettu välittömästi erottimen jälkeen ja virtaus oli erottimen kriteerien mukaisesti 1 m³/h.

Virtauksen tarkistuksen tiheys poikkesi kaikissa verkoissa EN-menetelmästandardien ohjeistuksesta (3 kk), joskin kaksi verkoista oli osoittanut harvennetun välin perustelluksi. Osa verkoista ei ollut tietoisia virtauksen tarkistuksen tiheydestä, käytetystä kriteeristä tai jäljitettävyydestä, koska konsultti vastasi kyseisistä toimista. Näitä verkkoja kehoitettiin varmistamaan tiedot toimitetuista dokumenteista tai konsultilta. Yksi verkoista otti käyttöön auditointihavaintojen myötä virtauksen seurannan valvontakortin, joka oli erinomainen parannus ja tätä voidaan suositella muillekin. On myös huomioitava, että kalibrointikäynnillä voi sattua sadesää, jolloin virtauksen suunniteltu tarkistus on mahdotonta suorittaa, joten tästäkin syystä dokumentoitu seuranta on erityisen oleellista.

EN-menetelmästandardi ohjeistaa inletin puhdistuksen kuuden kuukauden välein. Tämä oli toteutunut joissain verkoissa, toisissa tehtiin tarvittaessa, se oli suunnitelmissa tai ei tiedossa. Hiukkaskokoa rajoittavan näytteenottoinletin impaktorilevy rasvattiin verkoissa 1–3 kk välein.

Kaikki verkot käyttivät näytteiden keruuseen Milliporen teflonsuodattimia (Fluoropore, FSLW04700, huokoskoko 3µm, halkaisija 47 mm). Valmistaja suosittelee näytteen keräämistä suodattimen sileälle teflon-puolelle kuituisen puolen sijaan. Suodattimien identifiointissa havaittiin joidenkin verkkojen osalta vähäisiä kehitystarpeita, jotta voidaan varmistua, etteivät eri keruuajkojen suodatinerät sekoitu keskenään. Tämä on kuitenkin epätodennäköistä, koska suodatinsäiliöt toimitettiin useimmiten välittömästi laboratorioihin ja riski sekaannukselle todettiin vähäiseksi. Kolme verkoista teki suodattimien käsittelyn kokonaan laboratoriossa, yksi pakkasi toimistolla ja jätti purkamisen laboratorioon, ja kaksi purki ja pakkasi suodattimet kenttäolosuhteissa varoen kontaminaatoriskejää. Suodatinpidikkeet pestiin aina käytön jälkeen. Yhtä verkkoa lukuun ottamatta kenttäblankkien keruusta oli huolehdittu.

Yksikään verkoista ei punninnut suodattimia, eikä tämä ole tarpeellista ja vaatisi erityisen olosuhdekontrolloidun tilan. Yksikään verkoista ei myöskään käyttänyt PAH-mittauksissa otsonidenuderia, jonka käyttö on mainittu menetelmästandardissa EN 15549 mahdollisena, mikäli otsonin epäillään hajottavan bentso(a)pyreeniä. Kaikki verkot säilyttivät PAH-suodattimia pimeässä ja jääkaapissa tai pakastimessa täyttäen EN-menetelmästandardin vaatimukset. PAH-suodattimet

joko toimitettiin välittömästi laboratorioon tai omaan kylmiöön, tai lähetettiin kylmät patterien kanssa laboratorioon. Metallinäytteiden suodattimien kuljetukselle ei ole vastaavanlaisia lämpötila- ja säilyvyysvaatimuksia, mutta niitäkin oli käsitelty huolellisesti ja varottu kontaminaatiolähteitä.

4.2.2 Muut mittaukset (laskeuma ja elohopea)

Ilmanlaadun metallidirektiivin mukaisia laskeumamittauksia suoritettiin vain Ilmatieteen laitoksen taustamittauksissa direktiivin edellyttämässä laajuudessa sekä Raahen mittausverkossa omana seurantana. Kaasumaisen elohopean mittausten metallidirektiivin mukainen velvoite on asetettu Suomessa vain Ilmatieteen laitokselle. Lisäksi Ilmatieteen laitoksen Asiantuntijapalvelut-yksikkö on mitannut kaasumaista elohopeaa Torniossa vuonna 2017 samalla menetelmällä kuin laitoksen nyt auditoidussa taustaseurannassa. Kyseisten mittausten kattavuus asemamäärän ja mittausajan suhteen oli riittävä. Metallidirektiivin mittausepävarmuusvaatimus toteutui mittauksissa. Ilmatieteen laitoksen mittauksista oli laadittu laatukuvaus, mutta Raahessa mittausten luonteen takia sitä ei ole ollut tarpeen tehdä.

Kaasumaisen elohopean mittaus suoritetaan jatkuvatoimisesti elohopea-analysaattorilla Tekran 2537, jossa näytteenkeruu-aika on 5 minuuttia ja näytevirtaus 1–1,5 l/min. Virtauksen tarkistus tehtiin puolivuositain. Laitetta suojaava hiukkassuodatin vaihdettiin neljän viikon välein. Laitteen kalibrointi oli suoritettu 71 h välein automaattisesti sisäisellä kalibrointilähteellä kaksipistekalibrointina. Automaattikalibrointi varmennettiin puolivuositain manuaalikalibroinnilla. Mittauksessa oli noudatettu EN-menetelmästandardin vaatimuksia.

Laskeumamittauksia tehdään erilaisilla keräimillä riippuen siitä, mitä alkuainetta tai yhdistettä siitä halutaan analysoida. On erityisen tärkeää huomioida, että ei ole olemassa yhtä tekniikkaa, jonka avulla voitaisiin määrittää kvantitatiivisesti kaikki metallidirektiivissä mainitut laskeuman epäpuhtaudet (PAH-yhdisteet, metallit, elohopea). Ilmatieteen laitoksen laskeumamittauksissa ei havaittu huomautettavaa ja tulosten oikeellisuus oli varmennettu osallistumalla vuosittain kansainväliseen vertailumittaukseen. Toiselle mittausverkolle annettiin joitain suosituksia.

4.2.3 Muut ei-auditoidut mittaukset

Kolme muuta verkkoa ilmoitti, että he ovat tehneet metalli-, PAH- ja/tai VOC-mittauksia 2000-luvulla. Lisäksi auditoitujen mittausverkkojen osalta HSY ja IL ovat tehneet ja tekevät edelleen VOC-mittauksia, jotka eivät kuuluneet tässä hankkeessa auditointien piiriin. Alla käsitellään toimitettujen dokumenttien perusteella näiden mittausten suppea arviointi. On huomioitava, että arvio perustuu kirjallisuudesta, ilmanlaadun tietojärjestelmästä ja mittajilta saatuihin tietoihin, ja siten johtopäätökset on tehty hyvin rajallisten tietojen perusteella.

Kuopion mittausverkossa on mitattu PAH-yhdisteitä kolmella eri asemalla 2007 (3 kk), 2008–2009 (4 kk), 2011 ja 2015. Lisäksi on mitattu raskasmetalleja PM₁₀:ssä vuonna 2008 (4 kk) yhdellä asemalla ja VOC-yhdisteitä (esim. bentseeni) seitsemässä mittauspisteessä vuosien 2006–2015 aikana. PAH- ja metallimittaukset on suoritettu referenssimenetelmällä (Hakola ym., 2009; Saari ja Pesonen, 2008). Metallimittausten esikäsittelyssä on käytetty ekvivalenttia menetelmää, ja metallien ja PAH-yhdisteiden analyysitekniikkana on käytetty referenssimenetelmiä. VOC-mittauksille ei ole bentseenimittauksia lukuun ottamatta referenssimenetelmää tai menetelmästandardia. Määrittäykseen oli käytetty GC-MS-tekniikkaa, joka bentseenin osalta vastaa referenssimenetelmää. Eurooppalaisessa standardoimisjärjestössä CEN:ssä suunnitellaan parhaillaan muiden NMVOC-

yhdisteiden mittausmenetelmien standardoimista, ja kyseinen tekniikka on suunnitteilla yhden standardin aiheeksi.

Kuopiossa metallimittausten ajanjaksolla jäätiin selvästi tavoitearvoa alhaisempiin pitoisuuksiin, joskin on huomioitava, että mittauksia ei suoritettu kuin 4 kk ajan ja tavoitearvo on määritetty vuosikeskiarvolle. PAH-mittausten osalta 4 kk ajanjaksolla (talvi 2008–2009) mitattiin bentso(a)pyreenin pitoisuuksien keskiarvoksi mittausjaksolla 1,36 ng/m³. Vuoden 2015 kampanjassa bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvo jäi alle ylemmän arviointikynnyksen.

Nesteen mittausverkossa suoritettiin metallien (As, Cd, Ni, Pb, Hg) ja PAH-yhdisteiden mittauksia PM₁₀-fraktiosta 4,5 kuukauden ajan kesäkaudella 2012 kahdessa mittauspisteessä, jalostamalla ja läheisellä asuinalueella (Keskitalo ym., 2013). Näytteenotto suoritettiin standardin EN 12341:1998 mukaan vuorokausikeruuna Environnement PM162-laitteilla ja analyysit standardien SFS-EN 14902 sekä SFS-EN 15549 mukaisesti. Keskitalo ym. (2013) perusteella mittausmenetelmä on soveltunut arseenin, kadmiumin, lyijyn, nikkelin ja PAH-yhdisteiden seurantaan, mutta elohopean osalta käytetty mittausmenetelmä ei ollut referenssimenetelmän mukainen. Asuinalueen mittausjakson pitoisuuskeskiarvot jäivät selvästi alle raja- ja tavoitearvojen, mutta on huomioitava, että keruuajanjakso ei täyttänyt raja- ja tavoitearvoseurannan kattavuuskriteeriä.

Tampereen mittausverkossa on suoritettu metallimittauksia PM₁₀-hiukkasista kahden vuoden ajan vuosina 2006–2008 (Elsilä, 2009). Mittauksissa käytettiin aiemmin raportissa mainittua ACCU SYSTEM-keräintä 14 vrk näytteenotolla. Kerättyjen suodattimien määrittäminen oli tehty ruotsalaisessa laboratorioissa menetelmällä, joka on tarkoitettu päästömittausten suodattimille. Tämän vuoksi mittauksien tulokset eivät ole vertailukelpoisia referenssimenetelmän kanssa. Lyijyn mittauksien tulokset olivat selvästi alle raja-arvon, ja arseenin, kadmiumin ja nikkelin tulokset pääosin alle määrittämenetelmän havaintorajan.

HSY on mitannut VOC-yhdisteitä (sis. bentseeni) 2000-luvulla 14 asemalla, joista Kallion ja Mäkelänkadun asemien mittaukset jatkuvat edelleen. Mittauksiin on käytetty adsorbenttiputkia ja GC-MS-tekniikkaa. Toimitettujen tietojen perusteella mittaukset on suoritettu asianmukaisilla menetelmillä.

Lahden mittausverkossa VOC-mittauksia (sis. bentseeni) on suoritettu passiivikeruulla (2 vk näytteenotto) ja GC-MS-tekniikalla. AQUEST:n tietojen perusteella mittaukset on suoritettu asianmukaisilla menetelmillä.

Ilmatieteen laitos on tehnyt VOC-mittauksia (sis. bentseeni) kahdella asemalla, joista Pallaksen mittaukset jatkuvat edelleen. Aiempina vuosina mittauksia on tehty keräin- ja laboratorioanalyysimenetelmällä, ja vuodesta 2010 lähtien VOC-mittauksia on tehty jatkuvatoimisella GC-MS-menetelmällä. Menetelmien luotettavuus on osoitettu kansainvälisin vertailumittauksin ja Maailman Ilmatieteen järjestön Global Atmosphere Watch (GAW) -ohjelman järjestämien auditointien avulla. Kyseisten menetelmien standardoimista suunnitellaan parhaillaan CEN:ssä.

Kaiken kaikkiaan Kuopion ja Nesteen mittausverkkojen metalli-, PAH- ja VOC-mittauksia on suoritettu vaihtelevilla keruujaksoilla, ja osa mittauksista ei ole vertailukelpoisia raja- tai tavoitearvoihin lyhyen ajallisen kattavuuden takia. Kirjallisuuteen perustuvan arvion mukaan Kuopion ja Nesteen mittaukset on suoritettu vertailukelpoisilla ja asianmukaisilla menetelmillä (pl. elohopean mittaus Porvoossa). Tampereen mittauksissa on käytetty muita menetelmiä ja näin tulokset eivät sovellu tavoitearvoseurantaan, vaikka ajallinen kattavuus olisi tähän riittänyt. Saatujen tietojen perusteella HSY:n, Lahden ja Ilmatieteen laitoksen VOC-mittaukset on suoritettu asianmukaisilla menetelmillä vähintään vuoden mittaisilla mittausjaksoilla.

4.3 Johtopäätökset kenttäauditoinnin tuloksista

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että EN-menetelmästandardeja noudatettiin mittausverkoissa pääosin hyvin. Virtauksen tarkistuksesta 3 kk välein poikettiin kaikissa verkoissa, joskin yksi verkko pystyi dokumentoidulla seurannalla perustelemaan pidennetyn aikavälin. Muita mittausverkoja kehitetään ottamaan käyttöön vastaava seuranta ja osoittamaan dokumentoidusti harvennettu väli perustelluksi, tai vaihtoehtoisesti tihentämään virtauksen tarkistusta. Kun aloitetaan kokonaan uusi mittaus uudella laitteella, on tarpeen käyttää standardin mukaista tiheyttä, kunnes harvennettu väli voidaan perustella.

Käytetyt menetelmät olivat referenssimenetelmiä. Keräimet olivat useimmiten varsin uusia ja ikääntyneitä laitteita ei havaittu. Joissain vastikään aloitetuissa mittauksissa laadunvarmistustoiminta ei ollut vielä vakiintunutta. Osa verkoista käytti konsulttia huolto- ja kalibrointitöihin, ja näiden osalta verkko ei ollut aina itse tietoinen tehdyistä toimenpiteistä. Nämä kannattaa vastuuhenkilöiden selvittää.

Auditoinnissa havaittiin, että kolmen verkon mittauksissa oli käytetty keruumenetelmänä referenssimenetelmästä poikkeavaa keruutapaa ennen vuotta 2016 tai 2018. Näiden mittauksien osalta aiempia mittauksia käsiteltäessä on huomioitava, että mittauksien tulokset eivät ole vertailukelpoisia referenssimenetelmään. Muutos on myös havaittavissa vuosikeskiarvojen kuvaajissa tämän raportin kuvissa 3–6.

Parannusehdotukset kirjattiin verkkokohtaisiin auditointilomakkeisiin yhteenvetona, ja joidenkin oleellisten havaintojen osalta kansallinen vertailulaboratorio on ollut yhteydessä mittausverkkoihin auditoinnin jälkeen varmistaakseen toiminnan parantuminen. Kunhan mittausverkot ottavat käyttöönsä auditoinneissa esitetyt parannusehdotukset, voidaan katsoa, että mittauksia suoritetaan riittävässä määrin EN-menetelmästandardien mukaan. Selviä tuloksen oikeellisuuteen vaikuttavia tekijöitä ei kenttätoiminnassa havaittu auditoinnin aikana.

5. LABORATORIOAUDITOINTIEN TULOKSET

Kenttämittausten lisäksi auditointi suoritettiin mittausverkkojen näytteitä analysoivissa laboratorioissa, jotta voitiin varmistua koko mittausketjun vaatimustenmukaisuudesta. Yhtä verkkoa lukuun ottamatta näytteiden määrityksiin käytettiin alihankintalaboratoriota. Laboratorioille lähetettiin pyyntö päästä suorittamaan auditointia joko suoraan vertailulaboratoriosta tai mittausverkkojen edustajien kautta. Kaikki kutsutut laboratoriot osallistuivat auditointiin.

Laboratorioille lähetettiin etukäteen auditointilomake tutustumista varten. Auditoinnissa haastateltiin vähintään analyysimenetelmien vastuuhenkilöitä, käytiin laboratoriotiloissa ja tutustuttiin käytettyihin laitteistoihin sekä ohjeisiin paikan päällä. Auditoinnin jälkeen täytetty auditointilomake lähetettiin laboratorioille tarkistettavaksi ja tarvittaessa havaintojen kirjausta korjattiin, mikäli se oli perusteltua. On huomioitava, että havainnot koskivat analyysimenetelmiä auditointiajankohtana, ja auditoinnin jälkeen laboratoriot ovat voineet muuttaa toimintaansa.

Tässä projektissa auditoidut ulkoilman metallien ja/tai PAH-yhdisteiden määrityksiä suorittavat laboratoriot ovat aakkosjärjestyksessä seuraavat:

- Eurofins Environment Testing Finland Oy
- Eurofins Labtium Oy
- Ilmatieteen laitos, Ilmanlaatu/ilmakemian laboratorio

- KVVY Tutkimus Oy
- MetropoliLab Oy
- Suomen ympäristökeskus, Laboratoriokeskus

Kaikki yllä mainitut laboratoriot ovat akkreditoituja standardin SFS-EN ISO/IEC 17025 mukaan, joka itsessään on tae laboratorion käyttämästä laatu järjestelmästä. Kaksi laboratoriota ei ollut akkreditoinut näytteiden määrittämismenetelmää, jolloin kyseiset laboratoriomittaukset eivät ole kuuluneet suomalaisen FINAS-akkreditointipalvelun tyyppisesti vuosittain suorittaman akkreditoinnin arvioinnin piiriin ja siten niitä ei ole ulkoisesti arvioitu aiemmin.

Koska laboratoriot ovat kaupallisia toimijoita, auditoinnin tulokset ovat luottamuksellisia ja tässä raportissa ei käsitellä niitä yksityiskohtaisesti. Mittausverkkojen edustajat saivat halutessaan osallistua auditointiin, ja heille on toimitettu koosteet laboratorioauditointien tuloksista luottamuksellisesti. Alla on kuitenkin kuvattu yleisiä auditointihavaintoja ja kehitystarpeita.

Laboratorioiden käyttämät mittalaitteistot olivat nykyaikaisia, yleisesti käytössä olevia laitteita, ja määrittästekniikkoina oli käytetty referenssimenetelmiä kahta laboratoriota lukuun ottamatta. Yhden laboratorion menettely ei ollut vertailukelpoinen referenssimenetelmien kanssa, joten sillä saatuja tuloksia ei voi käyttää kansainväliseen raportointiin. Toisen laboratorion elohopealaskeuman määrittämismenetelmä (ICP-MS) oli osoitettu ekvivalentiksi referenssimenetelmän (AFS tai AAS) kanssa.

Laadunvarmistuskäytäntöjä oli hyvin käytössä, joskin useammalla laboratoriollla ei ollut vielä otettu käyttöön ulkoista osoitusta laadunvarmennuksesta, kuten EN-menetelmästandardeissa veloitetaan. Ulkoisena osoituksena pitää käyttää vähintään varmennettua vertailuainetta (CRM, *certified reference material*), jonka koostumus vastaa mahdollisimman hyvin ulkoilman hiukkasnäytteitä. Tämän vertailuaineen pitoisuus tiedetään, ja kun se määritetään samalla menetelmällä kuin ulkoilmasta kerätyt suodatinnäytteet, voidaan varmistua, että käytetty menetelmä antaa oikeellisia tuloksia. Vain kaksi laboratoriota oli käyttänyt vertailuainetta säännönmukaisesti jo pitkään ennen auditointia. Osa laboratorioista oli vastikään hankkinut vertailuaineen, ja sen käyttöä osana laadunvarmistusmenettelyjä edellytetään laboratorioilta. EN-menetelmästandardeissa on mainittu vertailuaineet NIST 1648 ja 1649a käyttäjien avuksi, joskin standardissa painotetaan, että ne eivät ole CEN:n erikseen hyväksymiä.

Määrittämismenetelmien kalibroinnit oli suoritettu hyvin. Kaikki laboratoriot olivat määrittäneet mittaus tuloksille oleelliset tulosta täydentävät lukuarvot, joita ovat menetelmien havaintorajat ja mittausepävarmuudet (ks. liitteessä 5 termien selitykset). Mittausepävarmuuksien laskennassa useimmat laboratoriot eivät olleet hyödyntäneet EN-menetelmästandardien ohjeistusta, vaan laskennat perustuivat muuten hyväksyttyihin mittausepävarmuuden laskentaohjeistuksiin kuten Nordtest TR 537 -raporttiin (Mittausepävarmuuden laskentaopas). Mittausepävarmuus oli useimmiten määritetty laboratorioanalyysille, ja siltä osin ei ole syytä olettaa käytettyjen laskentatapojen antavan merkittävässä määrin erilaisia lopputuloksia verrattuna EN-menetelmästandardeihin. Huomionarvoista on, että kyseinen epävarmuus kattaa kuitenkin vain laboratorioanalyysin, eikä koko mittausketjua, joka sisältää myös näytteenkeruun aiheuttaman epävarmuuden. Tästä syystä jäi epäselväksi, missä määrin mittaukset todella toteuttavat direktiivin mittausepävarmuusvaatimuksia. Jotta keruun epävarmuus voidaan määrittää, mittausepävarmuusarvioihin pitäisi ottaa mukaan uusia tekijöitä, kuten virtauksen epävarmuus tai rinnakkaiskeruista määritetty satunnaisvirhe. Mittausmenetelmän kokonaisepävarmuuden laskenta on mittausverkkojen vastuulla, mutta toistaiseksi aiheesta ei ole järjestetty riittävää koulutusta eikä aiheesta ole ollut kansallista ohjeistusta, ja tätä tilannetta pyritään jatkossa parantamaan.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että laboratoriomäärittämiä ja laadunvarmistusta on suoritettu pääosin EN-menetelmästandardien mukaisesti. Joillekin laboratorioille esitettiin parannusehdotuksia. Yhden mittausverkon laboratoriomäärittämiä oli tehty muulla menetelmällä, ja sen tulokset eivät vakuuttaneet auditointia ja suositeltiin menetelmämuutosta referenssimenetelmään. Muiden laboratorioiden määrittämiä perustuivat direktiivissä 2004/107/EY listattuihin EN-menetelmästandardeihin, ja niiden voidaan katsoa toteuttavan standardien vaatimuksia riittävässä määrin, kunhan esitetyt parannusehdotukset on otettu käyttöön.

6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Ilmanlaadun seurantaa on tehty Suomessa jo 1970-luvulta lähtien. Ilmanlaatumittauksia tehdään lainsäädännön velvoittamina, viranomaismääräyksinä, ilmanlaadun selvittämiseksi, yleisön informoimiseksi ja tiedonsaannin varmistamiseksi tai tiedonhalusta. Ympäristönsuojelulaki edellyttää, että kuntien on huolehdittava alueellaan paikallisten olojen edellyttämästä tarpeellisesta ympäristön tilan seurannasta asianmukaisin menetelmin. Lisäksi kuntien on käytettävissä olevin keinoin turvattava hyvä ilmanlaatu alueellaan. Ilmanlaatuasetukset asettavat laatuvaatimuksia ilmanlaatumittauksille sekä raja-arvoja ja tavoitearvoja erälle ilman epäpuhtauksille. Säännökset perustuvat EU:n ilmanlaatua koskevaan lainsäädäntöön.

Tässä hankkeessa tehtiin selvitys Suomessa 2000-luvulla suoritetuista metallidirektiivissä 2004/107/EY mainituista ulkoilman mittauksista. Mittaukset sisälsivät arseenin, kadmiumin, nikkelin ja PAH-yhdisteiden PM₁₀- sekä laskeumamittaukset sekä kaasumaisen elohopean ja elohopealaskemien mittaukset. Lisäksi hankkeessa käsiteltiin lyhyesti muita erityismittauksia, kuten lyijy PM₁₀:ssä, VOC-mittauksia (sis. bentseeni) sekä PM_{2,5}-hiukkasten kemiallisen koostumuksen mittauksia.

Viime vuosina mittausverkoissa on ollut tavoitearvon ylityksiä PM₁₀-hiukkasten arseenin, nikkelin ja bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvossa. Mittauksissa on havaittu pitoisuustason muutosta, johon tämän hankkeen havaintojen perusteella on voinut vaikuttaa osaksi keruumenetelmän muutos. Kun mittausverkko on siirtynyt käyttämään referenssimenetelmää, on Harjavallassa arseenin ja nikkelin pitoisuustaso PM₁₀-hiukkasissa noussut (v. 2016) ja vastaavasti Raahessa bentso(a)pyreenin (v. 2018). Samanlainen pitoisuustason muutos on odotettavissa Kokkolan mittausverkossa metallien mittauksissa vuoden 2020 tuloksissa. Näitä aiemmat tulokset eivät ole vertailukelpoisia nykymittausten kanssa.

Seurannan tulosten oikeellisuuden varmistamiseksi hankkeeseen sisällytettiin auditointikampanja, jossa arvioitiin kenttätoimintaa sekä laboratoriomittauksia. Auditointi toteutettiin ilmanlaadun mittausverkoissa riippumatta siitä, mikä on kunkin mittausverkon tavoite. Joukossa oli mittausasemia, joiden tulokset raportoidaan EU:n tietojärjestelmiin ilmanlaadun tavoitearvojen noudattamista valvovina asemoina Suomessa. Mukana oli toiminnanharjoittajien ympäristölupien edellyttämiä mittausasemia. Näiden lisäksi metallidirektiivi edellyttää tavoitearvojen valvonnassa käytettävien seurantamenetelmien täyttävän tietyt laatuvaatimukset mittausten ajalliselle kestolle, mittausten kattavuudelle ja mittausten suurimmalle sallitulle epävarmuudelle.

Tämän hankkeen yhteydessä suoritettua kenttämittausten ja laboratorioiden auditoinnilla saatiin tietoa metalli- ja PAH-mittausten vaatimustenmukaisuudesta vertaamalla ilmanlaadun mittausten toteuttamista metallidirektiivin ja EN-menetelmästandardien vaatimuksiin auditointien avulla. Auditoinnissa verrattiin ilmanlaadun mittausten toteuttamista metallidirektiivin ja EN-

menetelmästandardien vaatimuksiin. Samalla saatiin yleistä tietoa mittausten suorittamisesta, käytetyistä mittalaitteista, laatujärjestelmistä ja laadunvarmistusmenettelyistä.

Auditointien perusteella metalli- ja PAH-mittauksia suoritetaan Suomen mittausverkoissa pätevien henkilöiden toimesta huolellisesti ja pääosin direktiivien ja EN-menetelmästandardien vaatimusten mukaisesti. Kenttätoiminnassa oli siirrytty käyttämään referenssimenetelmiä, joskin ennen vuotta 2018 on ollut käytössä muita menetelmiä, jotka ovat voineet aliarvioida pitoisuuksia. Harjavallan mittausverkossa mittausten ajallinen kattavuus 14 % (ns. suuntaa-antava mittaus) ei ollut riittävä kummallakaan mittausasemalla johtuen ylemmän arviointikynnyksen ylittäneistä pitoisuustasoista, joten mittausten ajallista kattavuutta olisi syytä nostaa. Laboratorioauditointien tulokset ovat luottamuksellisia, mutta raportissa on esitetty joitain yleisiä havaintoja auditoinneista ja mittaajat ovat saaneet tiedon auditointien tuloksista laboratorioden luvalla. Laboratoriomääritykset oli suoritettu referenssimenetelmällä kahta poikkeusta lukuun ottamatta, joista toinen oli tehty hyväksyttävästi ekvivalentilla menetelmällä ja toisen osalta suositeltiin siirtymistä referenssimenetelmään, mikä toteutui heti 2020 alusta. Mittausepävarmuusarvioiden laskentatapa ei useimmiten noudattanut EN-menetelmästandardeja ja voi todellisuudessa olla arvioitua suurempi.

Suoritettu kenttämittausten ja laboratoriomääritysten auditointi oli tarpeellinen sekä ilmanlaadun kansalliselle vertailulaboratoriolle että ilmanlaadun mittausverkoille. Kampanjan avulla löydettiin parantamisen paikkoja ilmanlaadun mittausverkkojen toiminnoissa ja mittausten oikeellisuudessa, ja näihin myös reagoitiin aktiivisesti. Näin mittausten oikeellisuutta ja laadunvarmennusta parannettiin.

Suoritettu hanke oli aiheeseen liittyen ensimmäinen, ja ilmanlaadun kansallinen vertailulaboratorio esittää auditointien suorittamista jatkettavan määräajoin, esim. joka viides vuosi. Seuraavan auditointikierroksen yhteyteen ehdotetaan lisäyksenä VOC-yhdisteiden ml. bentseenin mittausten arviointia. Lisäksi mittausverkoille on syytä järjestää ohjeistusta ja koulutusta mittausepävarmuuden laskennasta.

7. LIITTEET

LIITE 1. Auditointiin osallistuneet mittausverkot

LIITE 2. Kirjallisuuskatsaus

LIITE 3. Vertailumenetelmät

LIITE 4. Hankkeessa käytetty auditointilomake

LIITE 5. Havaintorajan ja mittausepävarmuuden selitys

8. VIITTEET

Areskoug H. (2012) An Equivalence Study of PM10 Instruments at a Road Traffic Site in Stockholm Spring 2012. ACES Report 4/2012, 67 s.

CR 14377:2002. Air quality - Approach to uncertainty estimation for ambient air reference measurement methods. CEN Report.

Elsilä A. (2009) Tampereen ilmanlaatu 2008. Päästöt ja ilmanlaadun mittaustulokset. Tampereen kaupunki, Ympäristönsuojelun julkaisuja 4/2009, 65 s.

EU Position Paper on Hg (2001) Ambient Air Pollution by Mercury (Hg) Position Paper. Prepared by the Working Group On Mercury. https://ec.europa.eu/environment/air/pdf/pp_mercury.pdf

Hakola H., Vestenius M., Saari H. & Pesonen R. (2009) Polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen (PAH) pitoisuudet ulkoilman PM10-hiukkasissa Kuopion Niiralassa jaksolla marraskuu 2008 – maaliskuu 2009. <https://www.kuopio.fi/ilmanlaatu>

Hellén H., Kangas L., Kousa A., Vestenius M., Teinilä K., Karppinen A., Kukkonen J. & Niemi J.V. (2017) Evaluation of the impact of wood combustion on benzo[a]pyrene (BaP) concentrations; ambient measurements and dispersion modeling in Helsinki, Finland, Atmos. Chem. Phys., 17, 3475–3487, <https://doi.org/10.5194/acp-17-3475-2017>.

Keskitalo T., Leppänen E. & Laita M. (2013). Neste Oil Oyj Porvoon jalostamon hiukkasselvitys 2012. Viite: LSY 2004-Y-120 Nro 29/2006/2 lupamääräys 81. Jyväskylän yliopisto, Ympäristöntutkimuskeskus, Tutkimusraportti 40/2013, 20 s.

Kyllönen K. (2020) Fluxes, trends and source characterisation of atmospheric trace elements. Finnish Meteorological Institute Contributions No. 164. Väitöskirja. ISBN 978-952-336-104-1 (pdf). <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/319807>

Kyllönen K., Vestenius M., Anttila P., Makkonen U., Aurela M., Wängberg I., Nerentorp Mastromonaco M. & Hakola H. (2020) Trends and source apportionment of atmospheric heavy metals at a subarctic site during 1996–2018. Atmospheric Environment, 236, 117644.

Pärjälä E. (2016) Kuopion ilmanlaatu vuonna 2015. <https://www.kuopio.fi/ilmanlaatu>

Rasila T., Salmi J. & Latikka J. (2018) Ilmanlaatuselvitys. Kotitalouksien puun pienpolton päästöjen aiheuttamat bentso(a)pyreenin ja pienhiukkasten pitoisuudet Kuopion seudulla. <https://www.kuopio.fi/ilmanlaatu>

Saari H. ja Pesonen R. (2008). Hengitettävien hiukkasten sisältämien arseenin ja metallien pitoisuusmittaukset Kuopiossa. <https://www.kuopio.fi/ilmanlaatu>

Saarnio K., Kyllönen K., Laurila S., Lusa K. & Waldén J. (2018) Ulkoilman SO₂-, NO- ja O₃-mittausten kansallinen vertailumittaus sekä ilmanlaatumittausten laatujärjestelmä- ja kenttäauditointi 2017. Raportteja 2018:1, Ilmatieteen laitos, Helsinki, 74 s.

Salmi J., Laukkanen E., Rasila T., Hannuniemi H., Komppula B. ja Lovén K. (2020). Turun seudun ilmanlaatuselvitys. Autoliikenteen, energiantuotannon ja teollisuuden, laivaliikenteen ja asuinrakennusten puunpolton vuoden 2018 päästöjen leviämismallilaskelmat. Ilmatieteen laitos, Asiantuntija-palvelut, Ilmanlaatu ja energia, Helsinki. 80 s. + 79 liites. https://expo.fmi.fi/ages/public/Turun_seudun_ilmanlaatuselvitys_2020.pdf

Vestenius M., Leppänen S., Anttila P., Kyllönen K., Hatakka J., Hellén H., Hyvärinen A. & Hakola H. (2011) Background concentrations and source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons in South-Eastern Finland. *Atmospheric Environment*, 45, 3391-3399.

Waldén J., Talka M., Pohjola V., Häkkinen T., Lusa K., Sassi M.-K. & Laurila S. (2004) Ulkoilman hiilimonoksidi-, rikkidioksidi- ja typpimonoksidimittausten kansallinen vertailumittaus ja kenttäauditointi 2002–2003. *Ilmanlaadun julkaisuja* No. 35, Ilmatieteen laitos, Helsinki.

Waldén J., Bergius J., Pohjola V., Laurila S., Kuronen P. & Wernberg A. (2008) Ulkoilman CO-, SO₂-, NO-, H₂S- ja O₃-mittausten kansallinen vertailumittaus ja kenttäauditointi 2006. *Tutkimuksia* No. 2, Ilmatieteen laitos, Helsinki.

Waldén J., Hillamo R., Aurela M., Mäkelä T. & Laurila S. (2010) Demonstration of the equivalence of PM_{2.5} and PM₁₀ measurement methods in Helsinki 2007-2008. Finnish Meteorological Institute, *Studies* 3, Helsinki, 103 s.

Waldén J., Laurila S., Lusa K., Kuronen P., Waldén T. & Anttila T. (2015) Kansallinen vertailumittaus ja kenttäauditointi 2011 – Ulkoilman CO-, SO₂-, NO- ja O₃-mittaukset. *Raportteja* 2015:2, Ilmatieteen laitos, Helsinki.

Waldén J., Waldén T., Laurila S. & Hakola, H. (2017) Demonstration of the equivalence of PM_{2.5} and PM₁₀ measurement methods in Kuopio 2014–2015. *Reports* 2017:1. Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 137 p.

Waldén J. & Vestenius M. (2018) Verification of PM-analyzers for PM₁₀ and PM_{2.5} with the PM reference method. *Reports* 2018:2, Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 68 p.

LIITE 1. AUDITOINTIIN OSALLISTUNEET MITTAUSVERKOT

Mittausverkko	Asemat	Kenttä-auditoinnin päivämäärä	Laboratorio-auditoinnin päivämäärä	Auditoidut mittaukset	Mittauksista vastannut organisaatio ja yhteyshenkilö(t)
Harjavallan verkko	Pirkkala, Kaleva	20.9.2019	10.10.2019	Metallit PM ₁₀	Porin kaupunki, ympäristö- ja lupapalvelut: Jari Lagerroos, Joni Mustonen
Pääkaupunkiseudun ja Uudenmaan verkot (HSY)	Vartiokylä	3.12.2019	20.2.2020	PAH PM ₁₀	Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY: Maria Myllynen, Kati Loukkola
Ilmatieteen laitoksen taustamittausten verkko	Hyytiälä	11.10.2019	7.2.2020, metallit 28.2.2020, PAH	Metallit PM ₁₀ , metallilaskeuma, PAH PM ₁₀ , PAH-laskeuma, kaasumainen Hg	Ilmatieteen laitos, Havaintopalvelut: Matti Monto, Ilmakehän koostumuksen tutkimus: Hannele Hakola
Kokkolan verkko	Ykspihlaja	29.10.2019	20.12.2019	Metallit PM ₁₀	Kokkolan kaupunki, ympäristöpalvelut: Marianna Hautala, Tuomas Hirvijoki
Lahden verkko	Siirrettävä PAH-asema	28.2.2020	-	PAH PM ₁₀	Lahden ympäristöpalvelut: Kaarina Kähäri
Raahen verkko	Keskusta, Lapaluoto, Välikylä	29.10.2019	10.1.2020	Metallit PM ₁₀ , metallilaskeuma, PAH PM ₁₀	Raahen kaupunki: Aino Alatalo
Tornion verkko	Keskusta, Näätsaari	Haastattelu, dokumentit 06/2020*	7.2.2020, metallit 28.2.2020, PAH	Metallit PM ₁₀ , PAH PM ₁₀	Ilmatieteen laitos, Asiantuntijapalvelut: Katja Lovén

*COVID-19 tilanteen johdosta kenttäauditointia ei pystytty järjestämään.

LIITE 2. KIRJALLISUUSKATSAUS

Verkkokohtaisten vuosiraporttien lisäksi Suomessa tehtyjä PAH- ja metallimittauksia on julkaistu alla olevassa listassa mainituissa tieteellisissä artikkeleissa sekä raporteissa.

- Alaviippola B., Pietarila H., Hakola H., Hellén H. & Salmi T. (2007) Ilmanlaadun alustava arviointi Suomessa. Arseeni, kadmium, nikkeli, elohopea ja polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH-yhdisteet). http://expo.fmi.fi/aqes/public/alustava_arviointi4_2007.pdf
- Anttila P., Brorström-Lundén E., Hansson K., Hakola H. & Vestenius M. (2016) Assessment of the spatial and temporal distribution of persistent organic pollutants (POPs) in the Nordic atmosphere. *Atmospheric Environment*, 140, 22-33.
- Anttila P., Makkonen U., Hellén H., Kyllönen K., Leppänen S., Saari H. & Hakola H. (2008) Impact of the open biomass fires in spring and summer of 2006 on the chemical composition of background air in south-eastern Finland. *Atmospheric Environment*, 42, 6472-6486
- Hakola H., Makkonen U., Pyy K. & Vestenius M. (2008) Metallidirektiivin (2004/107/EY) implementointi 2005–2007. Loppuraportti, 26 s.
- Hakola H., Vestenius M., Saari H. & Pesonen R. (2009) Polysyklisten aromaattisten hiilivetyjen (PAH) pitoisuudet ulkoilman PM10-hiukkasissa Kuopion Niiralassa jaksolla marraskuu 2008 – maaliskuu 2009. <https://www.kuopio.fi/ilmanlaatu>
- Hellén H., Kangas L., Kousa A., Vestenius M., Teinilä K., Karppinen A., Kukkonen J., & Niemi J.V. (2017) Evaluation of the impact of wood combustion on benzo[a]pyrene (BaP) concentrations; ambient measurements and dispersion modeling in Helsinki, Finland, *Atmos. Chem. Phys.*, 17, 3475–3487.
- Hellén H., Hakola H., Haaparanta S., Pietarila H. & Kauhaniemi M. (2008) Influence of residential wood combustion on local air quality. *Science of the Total Environment*, DOI: 10.1016/J.SCITOTENV.2008.01.019
- Keskitalo T., Leppänen E. & Laita M. (2013). Neste Oil Oyj Porvoon jalostamon hiukkasselvitys 2012. Viite: LSY 2004-Y-120 Nro 29/2006/2 lupamääräys 81. Jyväskylän yliopisto, Ympäristöntutkimuskeskus, Tutkimusraportti 40/2013, 20 s.
- Komppula, B., Rasila, T., Salmi, J., Laukkanen, E., Latikka, J., Hannuniemi, H., Lovén, K., 2020. Kuopion ja Siilinjärven ilmanlaatuselvitys. Autoliikenteen, kiinteistökohtaisen lämmityksen, energiantuotannon ja teollisuuden vuosien 2017 ja 2035 typenoksidi- ja hiukkaspäästöjen leviämismallinnus. Ilmatieteen laitos, Asiantuntijapalvelut, Ilmanlaatu ja energia, Helsinki. 90 s. + 121 liites. https://expo.fmi.fi/aqes/public/Kuopion_ja_Siilinjärven_2017_ja_2035_paastojen_leviamismalliselvitys.pdf
- Kyllönen K. (2020) Fluxes, trends and source characterisation of atmospheric trace elements. Finnish Meteorological Institute Contributions No. 164. Väitöskirja. ISBN 978-952-336-104-1 (pdf). <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/319807>
- Kyllönen K., Vestenius M., Anttila P., Makkonen U., Aurela M., Wängberg I., Nerentorp Mastromonaco M. & Hakola H. (2020) Trends and source apportionment of atmospheric heavy metals. *Atmospheric Environment*, 236, 117644.
- Kyllönen K., Paatero J., Aalto T. & Hakola H. (2014) Nationwide survey of airborne mercury in Finland. *Boreal Environment Research* 19 (suppl. B): 355–367.
- Kyllönen K., Hakola H., Hellén H., Korhonen M. & Verta M. (2012) Atmospheric mercury fluxes in southern boreal forest and wetland. *Water, Air and Soil Pollution*, 223, 1171-1182.

- Kyllönen K., Karlsson V. & Ruoho-Airola T. (2009) Trace element deposition and trends during a ten year period in Finland. *Science of Total Environment*, 407, 2260-2269
- Makkonen U., Hellén H., Anttila P. & Ferm M. (2010) Size distribution and chemical composition of airborne particles in south-eastern Finland during different seasons and wildfire episodes in 2006. *Science of the Total Environment*, DOI: 10.1016/J.SCITOTENV.2009.10.050.
- Rasila T., Salmi J. & Latikka J. (2018) Ilmanlaatuselvitys. Kotitalouksien puun pienpolton päästöjen aiheuttamat bentso(a)pyreenin ja pienhiukkasten pitoisuudet Kuopion seudulla. <https://www.kuopio.fi/ilmanlaatu>
- Ruoho-Airola T., Hatakka T., Kyllönen K., Makkonen U. & Porvari P. (2013) Temporal trends in the bulk deposition and atmospheric concentration of acidifying compounds and trace elements in the Finnish Integrated Monitoring catchment Valkea-Kotinen during 1988–2011, *Boreal Environment Research*, 19A, 31-46
- Ruoho-Airola T., Ukonmaanaho L., Hatakka T., Mannio J., Merilä P., Nieminen T.M., Pyy K., Starr M. & Vuorenmaa J. (2008) Investigation of heavy metal concentrations and mass balance budgets in Finnish ICP IM catchments. Report on national ICP IM relevant activities in Finland. In: Kleemola S. and Forsius M. (eds.), 17th Annual Report 2008. Convention of Long-range Transboundary Air Pollution. International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems. The Finnish Environment 28/2008, pp. 83-85. ISBN 978-952-11-3190-5.
- Saari H. ja Pesonen R. (2008). Hengitettävien hiukkasten sisältämien arseenin ja metallien pitoisuusmittaukset Kuopiossa. <https://www.kuopio.fi/ilmanlaatu>
- Saari H., Salmi J., Vestenius M., Kyllönen K., Makkonen U., Wemberg A., Laakia J. ja Latikka J. (2018). Outokumpu Stainless Oy. Ilmanlaatumittaukset Tornion tehtaan ympäristössä. Rikkidioksidin, elohopean, hengitettävien hiukkasten, arseenin, metallien, PAH-yhdisteiden ja ionien pitoisuudet vuonna 2017. Loppuraportti. Asiantuntijapalvelut - Ilmanlaatu ja Energia, 64 s. + 18 liites.
http://expo.fmi.fi/ages/public/Tornio_Outokumpu_Ilmanlaatumittausten_2017_loppuraportti.pdf
- Salmi J., Laukkanen E., Rasila T., Hannuniemi H., Komppula B. ja Lovén K. (2020). Turun seudun ilmanlaatuselvitys. Autoliikenteen, energiantuotannon ja teollisuuden, laivaliikenteen ja asuinrakennusten puunpolton vuoden 2018 päästöjen leviämismallilaskelmat. Ilmatieteen laitos, Asiantuntija-palvelut, Ilmanlaatu ja energia, Helsinki. 80 s. + 79 liites.
https://expo.fmi.fi/ages/public/Turun_seudun_ilmanlaatuselvitys_2020.pdf
- Verta M., Kyllönen K. & Rask M. (2011) Elohopea - laskeumasta kaloihin. In: Vuorenmaa J., Arvola L. ja Rask M. (toim.), Hämeen ympäristö muutoksessa. Kaksikymmentä vuotta ympäristön huippututkimusta Valkea-Kotisen alueella. *Suomen Ympäristö* 34, pp. 63-66.
- Vestenius M., Leppänen S., Anttila P., Kyllönen K., Hatakka J., Hellén H., Hyvärinen A. & Hakola H. (2011) Background concentrations and source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons in South-Eastern Finland. *Atmospheric Environment*, 45, 3391-3399.
- Wängberg I., Aspmo Pfaffhuber K., Berg T., Hakola H., Kyllönen K., Munthe J., Porvari P. & Verta M (2010) Atmospheric and catchment mercury concentrations and fluxes in Fennoscandia. Scientific Report TemaNord 2010:594 Nordic Council of Ministers, Copenhagen 2010, ISBN 978-92-893-2162-4.

LIITE 3. VERTAILUMENETELMÄT

Alla on listattu arseenin, elohopean, kadmiumin, nikkelin, lyijyn ja bentso(a)pyreenin vertailumenetelmät. Vertailumenetelmän sijasta voi käyttää myös muuta menetelmää, jonka voidaan osoittaa antavan vastaavia tuloksia kuin vertailumenetelmä. Ilmanlaadun mallintamisen vertailutekniikoita ei voida tällä hetkellä yksilöidä.

1. Lyijyn näytteenoton ja analyysin vertailumenetelmät

Näytteenoton vertailumenetelmä on EN 12341:2014 (*Ambient air - Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM_{10} or $PM_{2,5}$ mass concentration of suspended particulate matter*).

Lyijyn analysoinnin vertailumenetelmä on EN 14902:2005 (*Standard method for measurement of Pb/Cd/As/Ni in the PM_{10} fraction of suspended particulate matter*).

2. Ilmassa olevan arseenin, kadmiumin ja nikkelin näytteenotto ja analyysi

Näytteenoton vertailumenetelmä on EN 12341:2014 (*Ambient air - Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM_{10} or $PM_{2,5}$ mass concentration of suspended particulate matter*).

Analysoinnin vertailumenetelmä on EN 14902:2005 (*Ambient air - Standard method for the measurement of Pb, Cd, As and Ni in the PM_{10} fraction of suspended particulate matter*).

3. Ilmassa olevien polysyklisten aromaattisten hiilivetyjen näytteenotto ja analyysi

Näytteenoton vertailumenetelmä polysyklisille aromaattisille hiilivedyille on EN 12341:2014 (*Ambient air - Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM_{10} or $PM_{2,5}$ mass concentration of suspended particulate matter*).

Analysoinnin vertailumenetelmä bentso(a)pyreenille on EN 15549:2008 (*Air quality - Standard method for the measurement of the concentration of benzo(a)pyrene in ambient air*).

Muiden 8 §:ssä mainittujen polysyklisten aromaattisten hiilivetyjen osalta voidaan CEN:n standardoiman menetelmän puuttuessa käyttää kansallisia standardimenetelmiä tai ISO-standardimenetelmiä, kuten ISO-standardia 12884.

Lisäksi vuonna 2014 ilmestynyt tekninen spesifikaatio ohjeistaa muiden PAH-yhdisteiden mittausta, mutta tätä ohjetta ei ole mainittu lainsäädännössä. Kyseinen ohje on CEN/TS 16645:2014 (*Ambient air. Method for the measurement of benz[a]anthracene, benzo[b]fluoranthene, benzo[j]fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, dibenz[a,h]anthracene, indeno[1,2,3-cd]pyrene and benzo[ghi]perylene*).

4. Ilmassa olevan elohopean näytteenotto ja analyysi

Ilmassa olevan kaasumaisen elohopean kokonaismäärän määrittämisessä käytettävä vertailumenetelmä on EN 15852:2010 (*Ambient air quality - Standard method for the determination of total gaseous mercury*).

5. Arseenin, kadmiumin, elohopean, nikkelin ja polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen laskeuman näytteenotto ja analysointi

Arseenin, kadmiumin ja nikkelin laskeuman määrittämisessä käytettävä vertailumenetelmä on EN 15841:2009 (*Ambient air quality - Standard method for determination of arsenic, cadmium, lead and nickel in atmospheric deposition*).

Elohopean laskeuman määrittämisessä käytettävä vertailumenetelmä on EN 15853:2010 (*Ambient air quality - Standard method for determination of mercury deposition*).

Bentso(a)pyreenin ja muiden polysyklisen hiilivetyjen laskeuman määrittämisessä käytettävä vertailumenetelmä on EN 15980:2011 (*Air quality - Determination of the deposition of benz[a]anthracene, benzo[b]fluoranthene, benzo[j]fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, benzo[a]pyrene, dibenz[a,h]anthracene and indeno[1,2,3-cd]pyrene*).

LIITE 4. HANKKEESSA KÄYTETTY AUDITOINTILOMAKE



ILMANLAADUN MITTAUSVERKKOJEN AUDITOINTILOMAKE:

Metalli- ja PAH-mittaukset, keruut

Mittausaseman nimi:
Sijaintikunta:
Auditoinnin suorittaja:
Mittajaan edustaja(t):
Päivämäärä:

1. Mittausasema

a: Aseman mittauksen käyttötarkoitukset:

- ☐ hajapäästöjen seuranta ☐ pistepäästöjen seuranta

Mitattavat komponentit:

- ☐ Metallit, PM10. Mitkä?
- ☐ PAH:t, PM10. Mitkä?
- ☐ Metallilaskeuma. Mitkä?
- ☐ PAH-laskeuma. Mitkä?
- ☐ VOC:t. Mitkä?
- ☐ Muu kemiallinen koostumus. Mitkä?
- Muut komponentit: ☐ NO/NO₂/NO_x ☐ SO₂ ☐ O₃ ☐ PM10 ☐ PM2.5

Laatu- ja sijaintitavoite:

- asetuksen (Vna 79/2017) mukainen kiinteä asema (mittauksen kattavuus b(a)p 33 %, metallit 50 %): ☐ Bentso(a)pyreeni ☐ Arseeni ☐ Kadmium ☐ Nikkeli ☐ Lyijy ☐ Muu, mikä?
- asetuksen (Vna 79/2017) mukainen suuntaa-antava asema (mittauksen kattavuus PAH ja metallit 14 %, laskeuma 33 %): ☐ Bentso(a)pyreeni ☐ Arseeni ☐ Kadmium ☐ Nikkeli ☐ Lyijy ☐ Muut PAH:t kuin b(a)p ☐ TGM ☐ Laskeuma, mikä? ☐ Muu, mikä?
- muu, mikä:

Virallinen status nykyisin:

- Raportoidaan EEA:lle kiinteänä asemana (AQD mittauksena):
- Raportoidaan EEA:lle suuntaa-antavana asemana (AQD mittauksena):
- Raportoidaan EEA:lle Eol-tietojenvaihdossa:
- Raportoidaan EEA:lle MO:
- Raportoidaan kansallista/kunnallista käyttöä varten:

Verkon ilmoittama mittauksen mittausepävarmuus ja toteamisraja komponenttikohtaisesti.

Komponentti	MU	MU-laskenta	LOD	LOD-laskenta

Onko metalli- tai PAH-tuloksia mallitettu verkon alueella?

b: Mittausaseman kuvaus

- Aseman pinta-ala:
- Altistusalue ☐ Kaupunki. ☐ Esikaupunki. ☐ Maaseutu.
- Päästölähdetyyppi (tarkenna tarvittaessa komponentit erikseen)
☐ Liikenne. ☐ Tausta. ☐ Teollisuus.
- Sijainti ja ympäristö:
- Etäisyydet päästölähteisiin , katuihin , lähimpään risteykseen , rakennuksiin .

c: Onko mittausverkko tehnyt asemakuvauksen (ympäristön kuvaus, valokuvat, kartta, päästötiedot, esim. liikenneasemille liikennemäärä, keskinopeus, raskaan liikenteen osuus)?

Milloin mittausverkko on viimeksi tarkistanut asemakuvauksen (päivämäärä)?

d: Viimeaikaiset asema- ja ympäristömuutokset:

e: Mittausaseman ilmastointi ja lämmitys (lämpötilan seuranta):

f: Mittausaseman ilmanvaihto ja poistoilman aukkojen sijainti:

g: Laitetila ja laitteiden häiriöttömän toiminnan varmistaminen (mm. huoltotilaa, sähköinen häiriöttömyys, värinäsuojaus, ukkossuojaus):

h: Mittausaseman yleisvaikutelma (mm. järjestys):

i: Muuta mainittavaa:

2. Mittausverkon henkilöstö

a: Mittausaseman vastuuhenkilöt:

b: Keruulaitteiden huolto ja kalibrointi:

c: Onko uudet henkilöt perehdytetty ja kirjataan henkilöstön perehdytys?

d: Millaista koulutusta ja milloin vastuuhenkilöt ovat saaneet mittalaitteiden käyttöön ja laadunvarmennukseen?

e: Muuta mainittavaa:

3. Laatujärjestelmä

a: Noudattaako laatujärjestelmä jotain laatustandardia?

☐ SFS-EN ISO/IEC 17025

☐ SFS-EN ISO 9001

☐ muu, mikä?

b: Laatukäsikirja (toimintakäsikirja) ja sen viimeisin päivitys?

☐ Kyllä. ☐ Ei. Pvm:

d: Kenen laatima laatukäsikirja on?

☐ Oma. ☐ Hankittu, mistä ja onko muokattu ja miten sovellettu?

e: Onko asemalla saatavilla työohjeita tms.?

☐ Kyllä, sähköisesti. ☐ Kyllä, paperilla. ☐ Ei.

f: Lista ohjeista:

g: Kattaako ohjeet asemalla tehdyt työvaiheet?

☐ Kyllä. ☐ Ei.

i: Onko verkko laatinut ohjeet itse?

☐ Kyllä, kaikki. ☐ Kyllä, osan (mitkä?) ☐ Ei, kuka?

j: Onko ohjeita päivitetty tarvittaessa ja milloin viimeksi?

☐ Kyllä. ☐ Ei.

k: Jos joku muu on laatinut ohjeita, miten ohjeiden päivitys on hoidettu?

l: Onko ohjeet ja muu dokumentointi selkeästi tunnistettavissa (selkeä otsikointi, päivämäärä, laatija/vastuuhenkilö, versionumerointi, sivunumerointi)?

☐ Kyllä. ☐ Ei.

m: Miten dokumentointia hallitaan?

☐ Dokumenttiluettelot.

☐ Yhteinen säilytyspaikka (esim. sähköinen kansio), mikä?

☐ Muu, mikä?

☐ Ei.

n: Onko vanhentuneet dokumentit talletettu jäljitettävästi?

o: Onko mittausverkolla voimassa oleva laatukuvaus?

☐ Kyllä. Pvm: ☐ Ei.

4. Mittausten dokumentointi

a: Kirjataanko asemalla oleelliset tiedot liittyen laitteisiin, mittauksiin, huoltoihin ja säätöihin (esim. mittauspäiväkirja, laitepäiväkirja, huoltokansio)?

☐ Kyllä. ☐ Ei.

b: Onko kyseisiä merkintöjä tehty asiaankuuluvasti, järjestelmällisesti ja suunnitellun aikataulun mukaan (mm. muutokset asemalla ja ympäristössä, ongelmat, viat, ylläpito, korjaukset, tarkistukset, kalibroinnit)?

☐ Kyllä. ☐ Ei.

c: Ovatko laitemanuaalit saatavilla? ☐ Kyllä. ☐ Ei.

- d: Miten virtauksen tarkistukset on dokumentoitu (PM10)?
e: Miten mittausepävarmuus on dokumentoitu?
f: Miten validointitiedot on dokumentoitu?
g: Dokumentoidaanko laatu järjestelmän poikkeamat ja miten?
☐ Kyllä. ☐ Ei.
h: Dokumentoidaanko poikkeamien korjaavat toimenpiteet ja miten?
☐ Kyllä. ☐ Ei.
i: Muuta mainittavaa:

5. Näytteenotto paikka ja näytelinja, PM-mittaukset

- a: Näytteenotto putken sijainti (näytteenottokorkeus maanpinnasta, etäisyydet eri kohteisiin kuten rakennukset, liikenneväylät/risteykset, kadun reuna):
b: Kokoerotin kuvaus: ☐ EU ☐ US-EPA
c: Näytelinjan materiaali ja muoto:
d: Näytelinjan pituus:
e: Virtaus näytelinjassa:
f: Näytelinjan huoltotoimet ja testaukset:
g: Muuta mainittavaa:

6. Keräimet

Komponentti	Keräinmalli	Sarjanro	Keräimen käyttöön- ottopv	Keräimen ikä (v.)	Laite- rekisteri	Keruu aika (pv/vk/kk/ muu)	Kasetti/ yksitt.

- a: Keräimen virtaus
Tarkistetaanko mahdollinen vuoto ja virtaus (raja $\pm 5\%$, suositus $\pm 2\%$)?
Kuinka usein virtaus tarkistetaan (väh. 3 kk välein)?
Mikäli virtaus ei ole ollut rajoissa ($\pm 5\%$), säädetäänkö keräintä?
Onko virtausmittari jäljitettävästi kalibroitu?
b: Rasvataanko hiukkaskokoa rajoittavan näytteenottoinletin impaktorilevy?
c: Puhdistetaanko näyteinlet vähintään 6 kk välein?
d: PM-keräysten suodattimet:
Valmistaja ja tuotekoodi:
Materiaali, halkaisija ja huokoskoko:
Käsittely kentällä:
Suodatinten identifiointi:
Kenttäblank (väh. yksi per 20 näytettä):
Punnitaanko suodattimet ennen ja jälkeen keruuta?
e: PAH: Käytetäänkö otsonidenuderia (ei ole vaatimus)?
f: Laskeumakeruu: ☐ kokonais (bulk) ☐ märkälasseuma
Keräimen kuvaus (osat, materiaali, korkeus, lt, halk.):
Näytteen sademäärän määrittäminen, kontaminaation välttäminen, kestäväntä, kenttäblank:
g: Näytteiden siirto kentältä laboratorioon:
h: PAH: näytteiden säilytys keräyksen jälkeen (pimeässä, $<20\text{ }^{\circ}\text{C}$, suljettuna)?
i: Muuta mainittavaa:

7. Tiedonkeruu

- a: Tiedonkeruulaitteiston kuvaus (ohjelmisto, modeemi, dataloggeri):
b: Datan validointi ja hyväksyntä sekä vastuut:
c: Onko tiedonkeruulle ja tulosten käsittelylle ohjeet? ☐ Kyllä. ☐ Ei.
d: Muuta mainittavaa:
e: Tietojen toimittaminen ympäristönsuojelun tietojärjestelmään:

Liitteet

- ☐ Liite A. EN 14902, annex E, ohjaavat minimilaatutosit (raskasmetallit PM10).
- ☐ Liite B. Laboratorioauditointi: raskasmetallit.
- ☐ Liite C. Laboratorioauditointi: PAH-yhdisteet.

Auditoinnin perusteella todettu mitausten taso:

Lyhyt yhteenveto auditoinnista:

Näytteiden keruu:

- ☐ Standardin EN _____ mukainen seuraavin poikkeuksin:
- ☐ Huomattavia poikkeamia EN standardeihin verrattuna, poikkeamat:

Laboratorioanalyysi:

- ☐ Akkreditoitu menetelmän standardin _____ mukaisesti.
- ☐ Ei-akkreditoitu menetelmä standardin _____ mukaisesti, standardin ISO 17025 vaatimukset käytössä.
- ☐ Muu menettely, kuvaus:
- ☐ Havaittu standardimenetelmästä poikkeavaa toimintaa, kuvaus:

Auditoinnin perusteella todettu soveltuvuus asetuksen mukaiseen ilmanlaadun arviointiin:

- ☐ Soveltuu asetuksen mukaiseen ilmanlaadun arviointiin kiinteille mittauksille annettujen vaatimusten mukaisesti seuraavin poikkeuksin:
- ☐ Soveltuu asetuksen mukaiseen ilmanlaadun arviointiin suuntaa-antavien mitausten vaatimusten mukaisesti seuraavin poikkeuksin:

Auditointi suljettu:

Helsinki, pvm _____

Auditointi

Auditointin nimi, Ilmanlaadun kansallinen vertailulaboratorio

Annex E
(normative)

List of minimum QA / QC procedures

Table E.1 – List of minimum QA / QC procedures

Procedures	Typical frequency	Acceptance criteria	Action, if outside criteria	See subclause
Filter test	Every new batch	Meet the method detection limit requirements	Reject filters	7.1.3 9.7
Leak test	At the start of the sampling campaign and at least every three months	No leak detected	Follow manufacturer instructions	8.4.2
Flow rate check	At the start of the sampling campaign and at least every three months	Deviation not greater than 5% of the nominal value	Adjust the flow rate	8.4.2
Filter homogeneity test for sub-samples of large filter	At least once for each type of sampler	Relative standard deviation of the Pb content of sub-samples not greater than 5 % when at least 30 % of the filter is tested	Improve the filter head of the sampler	9.6 5.3.3
Reagent blank check	Every new batch of reagents	Analyte results comparable with appropriate previous data	Investigate the reasons, take corrective action, repeat the analysis if necessary	10.5
Laboratory filter blank check	5% of the total amount of filters sampled	Analyte results comparable with appropriate previous data	Do not use the result for filter blank correction and investigate the source of contamination	8.3.5
Field filter blank check	Periodically at each site, at least once for every 20 th filter used for sampling	Analyte results comparable with appropriate previous data	Reject the samples and investigate the source of contamination	8.4.3 10.6
Calibration fit check	Every calibration	Determination coefficient GFAAS: > 0,995 ICP-MS: > 0,999	Suspend analysis and restart the run with new calibration	9.4.4.1 9.5.5.1

Table E.1 – (continued)

Procedures	Typical frequency	Acceptance criteria	Action, if outside criteria	See subclause
Repeatability check	Each analysis	RSD of 3 replicates below 10 % for concentrations above three times the DL_M	Check instrumental set up and repeat the analysis	9.4.4.2 9.5.5.2
Calibration check	After the initial calibration and then at least every 10 th sample	Result of calibration blank is below three times the instrumental detection limit and calibration check solution changed by less than 10 % for GFAAS or 5 % for ICP-MS	Suspend analysis and recalibrate	10.1
Quality control solution check	After calibration	Results within QC control chart ranges	Investigate the reasons, take corrective action, repeat the analysis if necessary	10.2
Recovery rate check	During method development At least every six months	Meet the requirements for recovery rates	Improve the method Take corrective action and repeat recovery rate check	10.3

Liite B.



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

ILMANLAADUN MITTAUSVERKKOJEN AUDITOINTILOMAKE: Metallien laboratorioanalyysit

Mittausverkon nimi:

Laboratorio:

Auditoinnin suorittaja:

Mittaajan edustaja(t):

Laboratorion edustaja(t):

Päivämäärä:

1. Laboratorion ja menetelmän yleistiedot

- Laboratorion osoite:
- Laboratorion laatujärjestelmä:
- Onko laboratorio akkreditoitu?
- Määritetyt komponentit:
- Laboratorion menetelmä:
- Onko menetelmä akkreditoitu?
- Menetelmän vastuuhenkilö(t):
- Tekninen henkilökunta:

2. Laite- ja tilatiedot

- Määrittäyslaitteisto(t):
 - o Laitteen käyttökunnon dokumentointi:
 - o Huolto:
- Esikäsittelylaitteisto(t):
 - o Esikäsittelyputket:
 - o Laitteen käyttökunnon dokumentointi:
 - o Huolto:
- Suodattimen ositus: ☐ Kyllä, miten: ☐ Ei.
- Käytetyt pipetit:
 - o Pipettien kalibrointi:
- Vaaka:
 - o Vaa'an kalibrointi:
- Määrittäystilojen kuvaus:
- Näytteiden säilytys:

3. Menetelmän ohjeistus

- Menetelmään liittyvät laite- ja menetelmäohjeet (lista):
 - o
 - o
- Muut oleelliset ohjeet (lista):
 - o
 - o
- Kattaako ohjeet määrittäykseen liittyvät työvaiheet? ☐ Kyllä. ☐ Ei.
- Käsittääkö ohjeet tulosten laskennan riittävässä määrin: ☐ Kyllä. ☐ Ei.
- Onko ohjeet ja muu dokumentointi selkeästi tunnistettavissa (selkeä otsikointi, päivämäärä, laatija/vastuuhenkilö, versionumerointi, sivunumerointi)? ☐ Kyllä. ☐ Ei.
- Onko ohjeita päivitetty tarpeen mukaan: ☐ Kyllä. ☐ Ei.

4. Laadunvarmistus, kalibrointi ja määrittäminen

- Käytetyt laadunvarmistuskeinot ja kuvaus kyseisestä näytteestä/keinosta:
 - ☐ Päivittäiset laitetarkistukset:
 - ☐ Päivittäinen kalibrointi:
 - ☐ Jäljitettävyyden varmistus

- ☐ R2-raja (0,999):
- ☐ Tarkistus (joka 10. näyte):
- ☐ Valmistustapa:
- ☐ Kalibrointialue:
- ☐ Sisäinen standardi:
- ☐ Kaupallinen kontrollinäyte:
 - ☐ Riippumattomuus (klb)
 - ☐ Laadunvalvontakortti
 - ☐ Kortin raja vs. MU
- ☐ Varmennettu vertailuaine (CRM):
 - ☐ Määrittystiheys (väh. 6 kk):
 - ☐ Laadunvalvontakortti
 - ☐ Saantoraja EN 14902 mukainen:
 - EN 14902: Cd ja Pb 90-110%, As ja Ni 85-115 %*
 - ☐ Kortin raja vs. MU
- ☐ Rinnakkaisnäyte:
 - ☐ Laadunvalvontakortti
 - ☐ Kortin raja vs. MU
- ☐ Laboratorionollanäyte:
- ☐ Suodatinnolla:
 - ☐ Laboratorionolla (5 % näytteistä):
 - ☐ Kenttänolla (joka 20. suodatin):
- ☐ Standardin lisäys:
- ☐ Vertailumittaus:
- ☐ Muu tapa:
- Astioiden pesu 7 % HNO₃ (1:9):
 - EN 14902: Happo yön yli, 3xhappo, 3xMQ, kuivaus.*
- MW-putkien pesu (HNO₃ ja H₂O₂, 4:1)
- Esikäsittelyhapot ja tilavuudet:
 - EN 14902: esim. 8 ml HNO₃ ja 2 ml H₂O₂ 50 ml astiassa, tai vastaava.*
- Suodattimien esikäsittelyn huomiot:
- Esikäsittelyohjelma (9.2.3, Annex A):

5. Menetelmän validointi

- Validointiraportti, pvm: ☐ Kyllä, pvm: ☐ Ei.
- Validoidut parametrit:
- Verkon ilmoittama mittauksen mittausepävarmuus ja toteamisraja komponenttikohtaisesti:

Komponentti	MU	LOD

EN 14902, toteamisrajan vaatimus: As 0,6 ng/m³; Cd 0,5 ng/m³, Ni 2 ng/m³, Pb 50 ng/m³. Kun näytetilavuus 55 m³ ja liuostilavuus 50 ml, vastaavat rajat ovat: As 0,7 µg/l; Cd 0,6 µg/l, Ni 2 µg/l, Pb 55 µg/l.

- Mittausepävarmuuden laskentatapa:
- Toteamisrajan laskentatapa:

6. Tulosten käsittely

- Tulosten laskenta:
- Tulosten laskennan vastuut:

Auditoinnin perusteella todettu mittausten taso:

Lyhyt yhteenveto auditoinnista:

Laboratorioanalyysi:

- ☐ Akkreditoitu menetelmän standardi(e)n mukaisesti.
- ☐ Ei-akkreditoitu menetelmä standardi(e)n mukaisesti, standardin ISO 17025 vaatimukset käytössä.
- ☐ Muu menettely, kuvaus:
- ☐ Havaittu standardimenetelmästä poikkeavaa toimintaa, kuvaus:

Paikka, aika

Auditoinnista

Auditoinnin nimi, Ilmanlaadun kansallinen vertailulaboratorio

Liite C.



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

ILMANLAADUN MITTAUSVERKKOJEN AUDITOINTILOMAKE: PAH-yhdisteiden laboratorioanalyysit

Mittausverkon nimi:

Laboratorio:

Auditoinnin suorittaja:

Mittaaajan edustaja(t):

Laboratorion edustaja(t):

Päivämäärä:

1. Laboratorion ja menetelmän yleistiedot

- Laboratorion osoite:
- Laboratorion laatu järjestelmä:
- Onko laboratorio akkreditoitu?
- Määritetyt komponentit:
- Laboratorion menetelmä:
- Onko menetelmä akkreditoitu?
- Menetelmän vastuuhenkilö(t):
- Tekninen henkilökunta:

2. Laite- ja tilatiedot

- Määrittelylaitteisto(t):
 - o Laitteen käyttökunnon dokumentointi:
 - o Huolto:
- Esikäsittelytapa: ☐ Kokoomanäyte, sisältää kpl
 - ☐ Yksittäinen näyte
- Esikäsittelymenettely:
 - ☐ Refluksiuutto
 - ☐ Soxhlet-uutto:
 - ☐ Liuotin:
 - ☐ Vähintään 20 h
 - ☐ Kiihdytetty liuotinuutto

- ☐ Ultraääniuutto
 - ☐ Kolme kertaa uutto 15 min
 - ☐ Muu tapa, mikä:
- ☐ Mikroaaltouuniuutto:
- Esikäsittelylaitteiston kuvaus:
- Suodattimen ositus: ☐ Kyllä, miten: ☐ Ei.
- Määrittystilojen kuvaus:
- Näytteiden säilytys:

3. Menetelmän ohjeistus

- Menetelmään liittyvät laite- ja menetelmäohjeet (lista):
 -
 -
- Muut oleelliset ohjeet (lista):
 -
 -
- Kattaako ohjeet määrittelyyn liittyvät työvaiheet? ☐ Kyllä. ☐ Ei.
- Käsittääkö ohjeet tulosten laskennan riittävässä määrin: ☐ Kyllä. ☐ Ei.
- Onko ohjeet ja muu dokumentointi selkeästi tunnistettavissa (selkeä otsikointi, päivämäärä, laatija/vastuuhenkilö, versionumerointi, sivunumerointi)? ☐ Kyllä. ☐ Ei.
- Onko ohjeita päivitetty tarpeen mukaan: ☐ Kyllä. ☐ Ei.

4. Laadunvarmistus, kalibrointi ja määrittäminen

- Käytetyt laadunvarmistuskeinot ja kuvaus kyseisestä näytteestä/keinosta:
 - ☐ Päivittävät laitetarkistukset:
 - ☐ Päivittäinen kalibrointi:
 - ☐ Sisäinen standardi:
 - ☐ Ulkoinen standardi:
 - ☐ Jäljitettävyyden
 - ☐ Vähintään 5 kalibrointiliuosta
 - ☐ R2-raja:
 - ☐ Valmistustapa:
 - ☐ Kalibrointialue:
 - ☐ Kalibroinnin liukuman tarkistus:
 - ☐ Vähintään joka 10. näyte, tai muu:
 - ☐ Kriteeri 10 %, tai muu:
 - ☐ Kaupallinen kontrollinäyte:
 - ☐ Riippumattomuus (klb)
 - ☐ Laadunvalvontakortti
 - ☐ Kortin raja vs. MU
 - ☐ Varmennettu vertailuaine (CRM):
 - ☐ Määrittystiheys (väh. 6 kk):
 - ☐ Laadunvalvontakortti
 - ☐ Saantoraja EN 15549 mukainen:
 - EN 14902: BaP 80-120 %*
 - ☐ Kortin raja vs. MU
 - ☐ Kromatografisen häiriön tarkistus (13.5):
 - ☐ Vähintään kerran kk, tai muu:
 - ☐ Resoluutio väh. 1, tai muu:
 - ☐ Laboratorionollanäyte (väh. joka 50.):
 - ☐ Suodatinnolla:
 - ☐ Laboratorionolla (suodatinten tarkistus):
 - ☐ Kenttänolla (joka 20. suodatin):
 - ☐ Vertailumittaus:
 - ☐ Muu tapa:
- Näytteiden esikäsittely: ☐ 2 kk sisällä näytteenotosta

☐ Muu aika, mikä:

- Suodattimien esikäsittelyn muut huomiot:

5. Menetelmän validointi

- Validointiraportti, pvm: ☐ Kyllä, pvm: ☐ Ei.
- Validoidut parametrit:
- Verkon ilmoittama mittauksen mittausepävarmuus ja toteamisraja komponenttikohtaisesti:

Komponentti	MU	LOD

- Mittausepävarmuuden laskentatapa:
- Toteamisrajan laskentatapa:

6. Tulosten käsittely

- Tulosten laskenta:
- Tulosten laskennan vastuut:

Auditoinnin perusteella todettu mittausten taso:

Lyhyt yhteenveto auditoinnista:

Laboratorioanalyysi:

- ☐ Akkreditoitu menetelmän standardin mukaisesti.
- ☐ Ei-akkreditoitu menetelmä standardin mukaisesti, standardin ISO 17025 vaatimukset käytössä.
- ☐ Muu menettely, kuvaus:
- ☐ Havaittu standardimenetelmästä poikkeavaa toimintaa, kuvaus:

Auditointi suljettu laboratorioanalyysin osalta (pvm, allekirjoitus):

Paikka, aika

Auditoinja

Auditoinjan nimike, Ilmanlaadun kansallinen vertailulaboratorio

LIITE 5. HAVAINTORAJAN JA MITTAUSEPÄVARMUUDEN SELITYS

Havaintoraja

Havaintorajalla eli toteamisrajalla (LOD, limit of detection) tarkoitetaan pienintä pitoisuutta, joka voidaan luotettavasti kyseisellä mittausmenetelmällä havaita. Metallien ja PAH-yhdisteiden PM₁₀-mittauksissa havaintoraja lasketaan laboratorion nollasuodattimien (esim. 10 kpl) hajonnasta menetelmästandardien kaavojen mukaisesti (tai kromatografisesta signaali-kohinasuhteesta). On huomattavaa, että havaintoraja on pienempi arvo kuin määrittäysraja (ja ilmoitusraja), ja mittausverkkojen on hyvä selvittää laboratorioilta raportointia varten havaintoraja, mikäli sitä ei suoraan ilmoiteta. Vuosiraportoinnissa ne tulokset, jotka ovat alle havaintorajan, ilmoitetaan havaintorajan puolikkaana ja merkitään lipulla 3.

Mittausepävarmuus

Mittausepävarmuus tarkoittaa mittaustulokseen liittyvää (ei-negatiivista) parametria, joka kuvaa mittaussuureen arvojen oletettua vaihtelua. Käytännössä se on kvantitatiivinen arvio niistä rajoista, joiden sisäpuolella mittaustuloksen (esim. arseenin pitoisuus PM₁₀:ssä) oletetaan olevan tietyllä todennäköisyydellä. Mittausepävarmuuden laskenta on ohjeistettu menetelmästandardeissa yksityiskohtaisesti ja se kattaa sekä systemaattisen että satunnaisen virheen. Menetelmän mittausepävarmuus käsittää sekä kentällä vaikuttavat tekijät (esim. havaittu hajonta rinnakkaiskeruissa, näytetilavuuden epävarmuus) sekä laboratoriossa vaikuttavat tekijät (esim. varmennetun vertailuaineen epävarmuus ja mahdollinen systemaattinen virhe).



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Erik Palménin aukio 1
P.O. Box 503
FI-00560 HELSINKI
tel. +358 29 539 1000
WWW.FMI.FI

FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

REPORTS 2020:4

ISSN 0782-6079

ISBN 978-952-336-125-6 (pdf)

<https://doi.org/10.35614/isbn.9789523361256>

Helsinki 2020

